



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y  
ENDURECIDO, PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS  
ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA AVENIDA  
HUANCANÉ – JULIACA”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. EDWIN CARLOS ESTOFANERO HUAMAN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO - PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

A Dios nuestro señor por darme la vida

A mis abuelos, Serapio Estofanero e Isidora Calla, Martin Huaman y Antolina Condori, a quienes extraño y quiero con todo mi corazón.

A mi padre, Francisco Estofanero Calla, por su inmenso amor, sabios consejos y apoyo incondicional. A mi madre, Paulina Huaman Condori, por su amor, apoyo, comprensión y paciencia.

A mis hermanos; Yaneth Manuela, Brayan Rodrigo (†), Fabricio Francisco y a mí prima Dina; por brindarme su cariño, aliento, consejos y apoyo.

**Edwin Carlos, ESTOFANERO HUAMAN**



## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi presidente de tesis al, Ing. Nicolás Luza Flores, que me abrió el camino a la investigación durante mi tiempo en la universidad y durante esta investigación me brindó valiosa guía que refuerza mi compromiso con la investigación en concreto.

Asimismo, agradezco a mi Asesor, Dr. Samuel Huaquisto Cáceres, por el tiempo dedicado a la revisión de esta tesis y a las recomendaciones que me ayudaron a mejorar esta tesis.

Estoy agradecido también con mi Jurado Dictaminador: Ing. Zenon Mellado Vargas y Ing. Gleny Zoila De La Riva Tapia, quienes con sus conocimientos y experiencia me brindaron tiempo y consejos valiosos.

**Edwin Carlos, ESTOFANERO HUAMAN**



## ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>16</b>

### **CAPÍTULO I**

#### **INTRODUCCIÓN**

<b>1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>18</b>
1.2.1. Problema general .....	18
1.2.2. Problemas específicos (PE) .....	19
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>19</b>
<b>1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>20</b>
1.4.1. Objetivo general.....	20
1.4.2. Objetivos específicos .....	20
<b>1.5. HIPÓTESIS .....</b>	<b>20</b>
1.5.1. Hipótesis general.....	20
1.5.2. Hipótesis específicas.....	20

### **CAPÍTULO II**

#### **REVISIÓN DE LITERATURA**

<b>2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2. CONCRETO FIBROSO.....</b>	<b>23</b>



2.2.1.	Definición de concreto fibroso .....	23
2.2.2.	Componentes del concreto reforzado con fibras de polipropileno .....	24
2.2.3.	Parámetros en el desempeño del concreto reforzado con fibras .....	31
2.2.4.	Propiedades del CFPP .....	33
2.2.5.	Diseño del CFPP .....	34
<b>2.3.</b>	<b>LOSAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS CON FIBRAS DE POLIPROPILENO .....</b>	<b>40</b>
2.3.1.	Tipos de pavimento Rígido .....	41
2.3.2.	Diseño del pavimento rígido (método AASHTO 93) .....	42
<b>2.4.</b>	<b>ESTUDIO DE TRÁFICO .....</b>	<b>46</b>
2.4.1.	Volumen de tránsito .....	46
2.4.2.	Análisis del tráfico .....	46
2.4.3.	Factor camión. ....	47
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>		
<b>3.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.</b>	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>48</b>
<b>3.3.</b>	<b>OPERACIONALIZACION DE VARIABLES .....</b>	<b>52</b>
<b>3.4.</b>	<b>SELECCIÓN DE LOS MATERIALES .....</b>	<b>53</b>
3.4.1.	Cemento .....	53
3.4.2.	Agregados .....	54
3.4.3.	Agua .....	66
3.4.4.	Fibras de polipropileno. ....	66
<b>3.5.</b>	<b>Diseño de mezclas .....</b>	<b>67</b>
3.5.1.	Características y propiedades de los materiales .....	67



3.5.2.	Procedimiento en el diseño de la mezcla método: ACI 211.1 .....	68
3.5.3.	Ensayos del concreto en estado fresco.....	75
3.5.4.	Ensayos del concreto en estado Plástico.....	76
3.5.5.	Ensayos del concreto en estado Endurecido .....	77
<b>3.6.</b>	<b>Diseño de la carpeta Asfáltica de un pavimento rígido.....</b>	<b>79</b>
<b>3.7.</b>	<b>Parámetros de diseño (Metodología AASHTO 93).....</b>	<b>79</b>
3.7.1.	Periodo de diseño.....	79
3.7.2.	Índice de Serviciabilidad .....	80
3.7.3.	Factor de Confiabilidad (R) .....	80
3.7.4.	Error estándar Combinado (SO) .....	81
3.7.5.	Coeficiente de transferencia de carga. (J).....	81
3.7.6.	Coeficiente de Drenaje (CD) .....	81
3.7.7.	Tránsito ESAL´S.....	82
3.7.8.	Módulo de reacción de la subrasante. (K) .....	99
3.7.9.	Módulo de elasticidad del concreto. ....	99
3.7.10.	Módulo de rotura del concreto (S´C).....	100
3.7.11.	Cálculo del espesor de la losa (D) (Método AASHTO 93).....	100

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1.</b>	<b>Resultados de ensayos al concreto fresco .....</b>	<b>102</b>
4.1.1.	Resultados del ensayo de consistencia.....	102
4.1.2.	Resultados de ensayos de docilidad.....	105
4.1.3.	Resultados de ensayos al concreto plástico .....	105
<b>4.2.</b>	<b>Resultados de ensayos al concreto endurecido .....</b>	<b>107</b>
4.2.1.	Resistencia a la compresión .....	107



4.2.2.	Comparación de la resistencia a compresión .....	111
4.2.3.	Ensayo de resistencia al impacto .....	116
<b>4.3.</b>	<b>Análisis estadístico</b> .....	119
4.3.1.	Análisis estadístico: Resistencia a la compresión.....	119
<b>4.4.</b>	<b>Análisis del costo por metro cuadrado de pavimento</b> .....	123
4.4.1.	Análisis del espesor de pavimento según diseño AASHTO 1993.....	123
<b>4.5.</b>	<b>CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS</b> .....	126
4.5.1.	Resistencia a la compresión.....	126
<b>4.6.</b>	<b>Discusión e interpretación de los resultados</b> .....	129
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	131
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	133
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	135
<b>ANEXOS</b>	.....	139

**TEMA:** Adición de fibras de polipropileno en la elaboración del concreto.

**ÁREA:** Construcciones.

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Construcciones y Gerencia

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 16 de septiembre de 2022



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: <i>Macro-fibras sintéticas de polipropileno</i> .....	24
Figura N° 2: <i>Interacción de las fibras con los agregados (48 mm de longitud)</i> .....	26
Figura N° 3: <i>Esquema de la clasificación de las fibras</i> .....	28
Figura N° 4: <i>Fibras embebidas en el hormigón cosiendo la fisura</i> .....	30
Figura N° 5: <i>Macro-fibra sintética de polipropileno</i> .....	30
Figura N° 6: <i>Diagrama de fuerzas en la fibra</i> .....	31
Figura N° 7: <i>Transmisión de carga desde la matriz</i> .....	31
Figura N° 8: <i>Esfuerzo longitudinal de la fibra</i> .....	32
Figura N° 9: <i>Variación de esfuerzo - longitud</i> .....	32
Figura N° 10: <i>Orientación de las fibras</i> .....	33
Figura N° 11: <i>Ensayo de asentamiento (slump)</i> . .....	34
Figura N° 12: <i>Estructura del pavimento rígido</i> .....	41
Figura N° 13: <i>Transmisión de cargas en un pavimento rígido</i> .....	41
Figura N° 14: <i>Pavimento rígido</i> .....	42
Figura N° 15: <i>Esquema de transferencia de carga entre losas vecinas</i> .....	44
Figura N° 16: <i>Componentes del volumen de tránsito futuro</i> .....	46
Figura N° 17: <i>Diagrama de variables</i> .....	48
Figura N° 18: <i>Población de estudio</i> .....	50
Figura N° 19: <i>Ubicación de la planta chancadora " Piedra Azul "</i> .....	54
Figura N° 20: <i>Maquinaria productora de piedra chancada</i> .....	54
Figura N° 21: <i>Planta Procesadora, km 16 Juliaca - Cabanillas</i> . .....	55
Figura N° 22: <i>Transporte de materia, de la cantera a la universidad</i> . .....	56
Figura N° 23: <i>Curva granulométrica agregado grueso (muestra 01)</i> .....	59
Figura N° 24: <i>Curva granulométrica agregado grueso (muestra 02)</i> .....	60
Figura N° 25: <i>Curva granulométrica agregado grueso (muestra 03)</i> .....	60
Figura N° 26: <i>Curva granulométrica agregado fino (muestra 01)</i> .....	64
Figura N° 27: <i>Curva granulométrica agregado fino (muestra 02)</i> .....	65
Figura N° 28: <i>Curva granulométrica agregado fino (muestra 03)</i> .....	65
Figura N° 29: <i>Ensayo de asentamiento, cono de Abrams</i> .....	75
Figura N° 30: <i>Mezclado de materiales</i> .....	76
Figura N° 31: <i>Proceso de curado de briquetas</i> .....	77



Figura N° 32: Prensa para rotura de probetas y colocado de briqueta.....	78
Figura N° 33: Testigo “CN” (izq. primera grieta, der. última grieta).....	79
Figura N° 34: Delimitación del área de estudio.....	83
Figura N° 35: Proporción de vehículos comerciales en el carril derecho.....	93
Figura N° 36: Abaco para determinar el CBR.....	99
Figura N° 37: Curado de briquetas.....	101
Figura N° 38: Análisis para determinar el costo unitario por m <sup>3</sup> .....	101
Figura N° 39: Asentamiento en el cono de Abrams para los grupos de prueba.....	103
Figura N° 40: Correlación de asentamiento en el cono de abrams.....	104
Figura N° 41: Contrastación de resultados CFPP - 4.6 kg/m <sup>3</sup> .....	111
Figura N° 42: Contrastación de resultados CFPP - 7.00 kg/m <sup>3</sup> .....	112
Figura N° 43: Contrastación de resultados CFPP - 9.00 kg/m <sup>3</sup> .....	113
Figura N° 44: Contrastación de resultados CFPP - 12.00 kg/m <sup>3</sup> .....	114
Figura N° 45: Resumen de resistencia a la compresión.....	115
Figura N° 46: Ensayo de impacto (primera grieta).....	117
Figura N° 47: Ensayo de impacto (primera grieta).....	117
Figura N° 48: Espesor del pavimento (AASHTO).....	124



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: <i>Tipos de cemento</i> .....	25
Tabla N° 2: <i>Componentes químicos del agua, para el uso en concreto</i> .....	27
Tabla N° 3: <i>Fibra de polipropileno (48 mm)</i> .....	29
Tabla N° 4: <i>Longitud de fibra</i> .....	32
Tabla N° 5: <i>Clases de mezclas según su asentamiento</i> .....	34
Tabla N° 6: <i>Características del diseño de mezclas</i> .....	35
Tabla N° 7: <i>Parámetros para el diseño de mezclas</i> .....	35
Tabla N° 8: <i>Asentamiento según el tipo de estructura</i> .....	36
Tabla N° 9: <i>Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire</i> .....	36
Tabla N° 10: <i>Contenido de aire atrapado</i> .....	37
Tabla N° 11: <i>Relación a/c, por resistencia</i> .....	37
Tabla N° 12: <i>Relación a/c</i> .....	38
Tabla N° 13: <i>Máxima relación a/c</i> .....	38
Tabla N° 14: <i>Volumen de agregado grueso por volumen de concreto</i> .....	39
Tabla N° 15: <i>Primera evaluación del peso del concreto fresco</i> .....	39
Tabla N° 16: <i>Niveles de confiabilidad recomendados por AASHTO 93</i> .....	43
Tabla N° 17: <i>Desviación normal de la confiabilidad</i> .....	43
Tabla N° 18: <i>Coefficiente de transferencia de carga</i> .....	45
Tabla N° 19: <i>Coefficiente de drenaje</i> .....	45
Tabla N° 20: <i>Coefficientes de drenaje para pavimento rígido</i> .....	46
Tabla N° 21: <i>Parte de la tabla de pesos y medidas máximas permitidas</i> .....	47
Tabla N° 22: <i>Valores a asumir por según AASHTO</i> .....	47
Tabla N° 23: <i>Estructura de la investigación</i> .....	52
Tabla N° 24: <i>Operacionalización de variables</i> .....	52
Tabla N° 25: <i>Características químicas del cemento</i> . .....	53
Tabla N° 26: <i>Características físicas del cemento</i> .....	53
Tabla N° 27: <i>Peso mínimo de muestreo en campo</i> .....	56
Tabla N° 28: <i>Resultados del contenido de humedad del agregado grueso</i> .....	57
Tabla N° 29: <i>Resultados del ensayo de peso específico y absorción en agregado grueso</i> .....	58



Tabla N° 30: <i>Resultados del ensayo de peso unitario suelto</i> .....	58
Tabla N° 31: <i>Resultados del ensayo de peso unitario compactado</i> .....	59
Tabla N° 32: <i>Cantidad de material necesario para el ensayo de granulometría</i> .....	59
Tabla N° 33: <i>Resultados del contenido de humedad del agregado fino</i> .....	62
Tabla N° 34: <i>Resultados del peso específico y absorción del agregado fino</i> .....	62
Tabla N° 35: <i>Resultados del ensayo de peso unitario suelto del agregado fino</i> .....	63
Tabla N° 36: <i>Resultados del ensayo de peso unitario compactado del agregado fino</i> ..	63
Tabla N° 37: <i>Propiedades químicas del agua</i> .....	66
Tabla N° 38: <i>Características técnicas</i> .....	66
Tabla N° 39: <i>Longitud de fibra</i> .....	67
Tabla N° 40: <i>Características físicas de los agregados</i> .....	67
Tabla N° 41: <i>Resistencia promedio</i> .....	68
Tabla N° 42: <i>Asentamiento según el tipo de estructura</i> .....	68
Tabla N° 43: <i>Requerimientos aproximados de agua de mezclado</i> .....	69
Tabla N° 44: <i>Contenido de aire atrapado</i> .....	69
Tabla N° 45: <i>Relación agua/cemento, por resistencia</i> .....	70
Tabla N° 46: <i>Relación a/c</i> .....	71
Tabla N° 47: <i>Máxima relación a/c</i> .....	71
Tabla N° 48: <i>Volumen de agregado grueso por volumen de concreto</i> .....	72
Tabla N° 49: <i>Diseño de mezcla en estado seco</i> .....	73
Tabla N° 50: <i>Diseño de mezcla en estado húmedo</i> .....	74
Tabla N° 51: <i>Datos de asentamiento para los grupos de control</i> .....	75
Tabla N° 52: <i>Resistencia al impacto</i> .....	78
Tabla N° 53: <i>Períodos de análisis</i> .....	79
Tabla N° 54: <i>Índice de serviciabilidad</i> .....	80
Tabla N° 55: <i>Valores del nivel de confianza R, de acuerdo al tipo de camino</i> .....	80
Tabla N° 56: <i>Niveles de confiabilidad sugeridos</i> .....	80
Tabla N° 57: <i>Factores de desviación normal</i> .....	81
Tabla N° 58: <i>Coefficiente de transferencia de carga</i> .....	81
Tabla N° 59: <i>Calidad de drenaje</i> .....	81
Tabla N° 60: <i>Valores recomendados del coeficiente de drenaje</i> .....	82
Tabla N° 61: <i>Hoja N° 01, control del tránsito vehicular (promedio)</i> .....	84
Tabla N° 62: <i>Hoja N° 02, control del tránsito vehicular (promedio)</i> .....	85



Tabla N° 63: <i>Hoja N° 03, control del tránsito vehicular (promedio)</i> .....	86
Tabla N° 64: <i>Hoja N° 04, control del tránsito vehicular (promedio)</i> .....	87
Tabla N° 65: <i>Hoja N° 05, control del tránsito vehicular (promedio)</i> .....	88
Tabla N° 66: <i>Hoja N° 06, control del tránsito vehicular (promedio)</i> .....	89
Tabla N° 67: <i>Hoja N° 07, control del tránsito vehicular (promedio)</i> .....	90
Tabla N° 68: <i>Resumen de aforo vehicular del lunes (07/03/22) al domingo (13/03/22)</i>	91
Tabla N° 69: <i>Resumen de flujo vehicular diario</i> .....	92
Tabla N° 70: <i>Resumen de aforo vehicular</i> .....	92
Tabla N° 71: <i>Parque automotor del Perú, según departamentos</i> .....	94
Tabla N° 72: <i>Tasa anual de crecimiento de tránsito (r)</i> .....	95
Tabla N° 73: <i>Datos para un tránsito acumulado</i> .....	95
Tabla N° 74: <i>Factores de equivalencia propuesto por MOPT-INGEROUTE.</i> .....	96
Tabla N° 75: <i>Distribución del tránsito en función del número de carriles</i> .....	97
Tabla N° 76: <i>Cálculo de ESAL's de diseño</i> .....	97
Tabla N° 77: <i>Categorías de tránsito en función de la carga por eje</i> .....	98
Tabla N° 78: <i>Módulo de rotura</i> .....	100
Tabla N° 79: <i>Calculo de espesor de losa</i> .....	101
Tabla N° 80: <i>Datos de asentamiento para los grupos de control</i> .....	102
Tabla N° 81: <i>Características de las muestras</i> .....	105
Tabla N° 82: <i>Resumen general de fisuración</i> .....	106
Tabla N° 83: <i>Características de las muestras</i> .....	106
Tabla N° 84: <i>Resumen general de fisuración</i> .....	107
Tabla N° 85: <i>Datos de la resistencia a compresión a los 7 días</i> .....	108
Tabla N° 86: <i>Datos de la resistencia a compresión a los 14 días</i> .....	109
Tabla N° 87: <i>Datos de la resistencia a compresión a los 28 días</i> .....	110
Tabla N° 88: <i>Resistencia al impacto</i> .....	116
Tabla N° 89: <i>Espesor de pavimento rígido según los módulos de ruptura</i> .....	124



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>CN</b>	:	Concreto normal ( $f'c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> ).
<b>CFPP-4.60</b>	:	Concreto $f'c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> , con 4.60 kg/m <sup>3</sup> de fibra de polipropileno (sika fiber force PP - 48) incorporada.
<b>CFPP-7.00</b>	:	Concreto $f'c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> , con 7.00 kg/m <sup>3</sup> de fibra de polipropileno (sika fiber force PP - 48) incorporada
<b>CFPP-9.00</b>	:	Concreto $f'c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> , con 9.00 kg/m <sup>3</sup> de fibra de polipropileno (sika fiber force pp - 48) incorporada
<b>CFPP-12.00</b>	:	Concreto $f'c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> , con 12.00 kg/m <sup>3</sup> de fibra de polipropileno (sika fiber force PP - 48) incorporada
<b><math>f'c</math></b>	:	Resistencia a la compresión del concreto, kg/cm <sup>2</sup> .
<b>TPDA</b>	:	Tránsito promedio diario anual
<b>TPDS</b>	:	Tránsito promedio diario semanal
<b><math>\bar{X}</math></b>	:	Media aritmética muestral.
<b>S<sup>2</sup></b>	:	Varianza.
<b>S</b>	:	Desviación estándar.
<b>H<sub>0</sub></b>	:	Hipótesis nula.
<b>H<sub>a</sub></b>	:	Hipótesis alternativa.
<b><math>\alpha</math></b>	:	Nivel de significancia.
<b>tp</b>	:	Estadístico de prueba.
<b>A°F°</b>	:	Agregado fino.
<b>A°G°</b>	:	Agregado grueso
<b>W%</b>	:	Contenido de humedad
<b>TMA</b>	:	Tamaño máximo del agregado.
<b>TMN</b>	:	Tamaño máximo nominal del agregad.
<b>mf</b>	:	Módulo de fineza del agregado fino.
<b>mg</b>	:	Módulo de fineza del agregado grueso.
<b>a/c</b>	:	Relación agua/cemento.
<b>ACI</b>	:	American concrete institute.
<b>ASTM</b>	:	American society of testing materials.
<b>NTP</b>	:	Norma técnica peruana.
<b>JSCE</b>	:	(Japan society of civil engineers)



<b>ADTT</b>	:	Tráfico diario promedio de camiones
<b>MTC</b>	:	Ministerio de transportes y comunicaciones
<b>VPD</b>	:	Tráfico diario promedio de vehículos livianos
<b>FC</b>	:	Factor camión
<b>a/c</b>	:	Relación agua/cemento



## RESUMEN

La presente investigación, tiene como objetivo principal estudiar la influencia en las propiedades del concreto al incorporar fibra de polipropileno “sika fiber force PP 48” (macro-fibra) en el concreto, con agregados de la cantera “km 16 + 000 de Juliaca – Cabanillas”. La recopilación de datos lo realizo en los meses de enero a marzo del 2020, pero por motivos de la Pandemia “COVID-19”, tuvo que paralizar la investigación, continuando con mismo el mes de noviembre del 2021. Realizó todos los ensayos requeridos para los agregados según el manual de ensayos de materiales del MTC, luego de evaluar el concreto patrón de una resistencia de diseño de 280 kg/cm<sup>2</sup>, según la metodología ACI-211 mediante ensayos de laboratorio de especímenes de concreto elaborados con dosificaciones de polipropileno a fin de alcanzar la resistencia deseada. Mediante la rotura de las briquetas se podrá cotejar dicha información. Para ello usó la metodología de la experimentación y el procedimiento. Teniendo como hipótesis que, si adicionamos fibras de polipropileno al concreto podría mejorar sus propiedades, entonces se mejorará las propiedades tanto del concreto fresco como concreto endurecido. La hipótesis de esta investigación, está justificada en la no existencia de estudios relacionados con la influencia del polipropileno, aplicado a pavimentos rígidos en nuestra región de Puno y con las características de la cantera mencionada y en la avenida Huancané, siendo una de las más fluidas en la región de Puno. Llegando a concluir que: en el concreto en estado fresco la dosificación de fibras no mejoraba las propiedades del concreto en dicho estado, pero si el concreto pasa al estado plástico, las fibras tienen mayor relevancia, ya que ayudan en gran medida a las propiedades del concreto que trabajan por tensión, controlando así el avance de la fisuración producida, pasando al estado final del concreto, en el ensayo de compresión con contenido óptimo de fibra de polipropileno es de 9.00 kg/m<sup>3</sup>, tal como lo especifica el fabricante, ya que con esa dosificación alcanzó el pico en cuanto a su resistencia, y sometido al ensayo de impacto pudo apreciar una gran mejora de las propiedades ante los mismos.

**Palabras clave:** Fibras de polipropileno (macro-fibra), pavimento rígido, resistencia a la compresión, trabajabilidad.



## ABSTRACT

The main objective of this research is to study the influence on the properties of concrete by incorporating polypropylene fiber "sika fiber force PP 48" (macro-fiber) in the concrete, with aggregates from the quarry "km 16 + 000 de Juliaca - Cabanillas". The data collection was carried out in the months of January to March 2020, but due to the "COVID-19" Pandemic, the investigation had to be paralyzed, continuing with the same in November 2021. It carried out all the tests required to aggregates according to the materials testing manual of the MTC, after evaluating the standard concrete with a design resistance of 280 kg/cm<sup>2</sup>, according to the ACI-211 methodology through laboratory tests of concrete specimens made with polypropylene dosages to to achieve the desired resistance. By breaking the briquettes, this information can be collated. For this, he used the methodology of experimentation and the procedure. Taking as a hypothesis that, if we add polypropylene fibers to the concrete it could improve its properties, then the properties of both fresh concrete and hardened concrete will be improved. The hypothesis of this research is justified in the non-existence of studies related to the influence of polypropylene, applied to rigid pavements in our region of Puno and with the characteristics of the aforementioned quarry and on Huancané avenue, being one of the most fluid. in the Puno region. Concluding that: in the fresh concrete, the dosage of fibers did not improve the properties of the concrete in said state, but if the concrete passes to the plastic state, the fibers have greater relevance, since they greatly help the properties of the concrete. concrete that work by tension, thus controlling the progress of the cracking produced, passing to the final state of the concrete, in the compression test with optimal content of polypropylene fiber is 9.00 kg/m<sup>3</sup>, as specified by the manufacturer, since With this dosage, it reached the peak in terms of its resistance, and subjected to the impact test, it was possible to appreciate a great improvement in its properties.

**Keywords:** Polypropylene fibers (macro-fiber), rigid pavement, compressive strength, workability.



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Siendo el concreto un material fundamental para cosificar dichas ideas y además como el material más recurrentes en la actualidad en la región de Puno, en el campo de las obras viales, por su gran resistencia a los climas híbridos, pero con características meteorológicas que a mediano o largo plazo dañan la carpeta asfáltica, tal es el caso de la ciudad de Juliaca que cuenta con un clima que no está referenciada en gran medida dentro de las normas peruanas.

Por lo que el presente trabajo plantea la necesidad de conocer la influencia del polipropileno de la marca “Sika” en una mezcla con cemento puzolánico IP, elaborado con agregados de la cantera “km 16 + 000 Juliaca – Cabanillas”

Con el deseo de contribuir con estos conocimientos, se presenta este trabajo de tesis titulado: “Análisis de las propiedades del concreto fresco y endurecido, para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en la avenida Huancané - Juliaca”

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El presente trabajo “Análisis de las propiedades del concreto fresco y endurecido, para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en la avenida Huancané – Juliaca”, surge ante la necesidad de contar con un conocimiento más amplio sobre el comportamiento del concreto con la incorporación de fibra de polipropileno en el diseño de pavimentos rígidos, aplicados en la región de Puno.



Motivado por esta carencia y la gran importancia que puede representar en el aspecto económico aplicándolas oportunamente, se pretende utilizar este material sobre pavimentos rígidos, y ver su comportamiento en un proyecto determinado.

Teniendo en cuenta que, en el Perú la red vial se ha construido de acuerdo a las necesidades que el mismo crecimiento ha exigido, y con una planeación deficiente, dando soluciones satisfactorias solo para los requerimientos a corto plazo.

Los pavimentos rígidos han adquirido mayor relevancia en proyectos viales, debido a la durabilidad que podrían llegar a brindar, capacidad de reparto de cargas y calidad para el rodamiento. Sin embargo, teniendo en cuenta que el concreto por naturaleza tiende a agrietarse, los efectos de este fenómeno pueden ser desde pequeñas molestias hasta convertirse en toda una pesadilla. Teniendo la posibilidad de quedar parcial o totalmente fuera de servicio con la ayuda de otros factores como; desgaste producido por el uso, clima, tráfico, etc.

La Av. Huancané de la ciudad de Juliaca es una vía urbana, ubicada en la Región Puno, provincia de San Román, comienza en la Av. Circunvalación Oeste de la ciudad de Juliaca y se extiende hasta la intersección con el Jr. Francisco Bolognesi donde realiza un giro y es interceptado por el puente Independencia.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

¿Qué propiedades mecánicas del concreto podrían modificarse en su normal funcionamiento, si se adiciona de fibras de polipropileno?



### 1.2.2. Problemas específicos (PE)

- PE1: ¿Será posible que adicionando fibras de polipropileno se pueda mejorar las propiedades mecánicas del concreto, como la resistencia a la compresión, resistencia a la fatiga, resistencia a la fisuración, etc?
- PE2: ¿Cuál podría ser tal impacto en las propiedades mecánicas del concreto, justifique el uso de la fibra de polipropileno?
- PE3: ¿Cómo podríamos justificar el uso de fibras de polipropileno, referenciándonos en el costo de producción del concreto fibroso “CFPP”?

### 1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Una vez realizada la investigación, se interpretara mejor las propiedades del concreto reforzado con fibras de polipropileno “CFPP”, se tendrá una noción más detallada de los usos y aplicaciones estructurales en nuestra región de Puno y como consecuencia, la posibilidad de incluirlo en las normas.

El diseño de los materiales empleados para fabricar mezclas de concreto reforzado con fibras de polipropileno “CFPP”, debe ser el adecuado para obtener una buena trabajabilidad y sacar el máximo provecho a las fibras. Esto puede requerir limitar el tamaño máximo del agregado, la optimización del tamaño y aumento del contenido de cemento.

La industria de la construcción podrá tomar mejores decisiones en cuanto a la aplicación de las fibras de polipropileno. Con el objetivo de producir un concreto de alta calidad. Cabe señalar que las fibras de polipropileno no reemplazan el refuerzo estructural principal en el concreto porque agregan poca o ninguna resistencia. Pero el refuerzo estructural no suministra sus beneficios hasta que el concreto haya endurecido.



## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar el comportamiento en las propiedades del concreto en el diseño de pavimentos rígidos, adicionando fibra de polipropileno en la Av. Huancané - Juliaca.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno, con el fin de obtener mejores resultados en la resistencia a la compresión en pavimentos rígidos.
- Determinar los efectos del polipropileno en las propiedades del concreto fresco.
- Determinar los efectos del polipropileno en las propiedades del concreto endurecido.

## **1.5. HIPÓTESIS**

### **1.5.1. Hipótesis general**

El uso fibras de polipropileno en el diseño del pavimento rígido, permitirá mejorar las propiedades del concreto tanto en su forma fresca como en su forma endurecida.

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- La dosificación de fibras de polipropileno en 0 kg/m<sup>3</sup>, 4.60 kg/m<sup>3</sup>, 7.00 kg/m<sup>3</sup>, 9.00 kg/m<sup>3</sup> y 12.00 kg/m<sup>3</sup>, influye en el incremento de la resistencia a compresión simple del concreto  $f'_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>.
- La dosificación de fibras de polipropileno en 0 kg/m<sup>3</sup>, 4.60 kg/m<sup>3</sup>, 7.00 kg/m<sup>3</sup>, 9.00 kg/m<sup>3</sup> y 12.00 kg/m<sup>3</sup>, influye en la reducción de la trabajabilidad del concreto  $f'_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>.



- La dosificación de fibras de polipropileno en 0 kg/m<sup>3</sup>, 4.60 kg/m<sup>3</sup>, 7.00 kg/m<sup>3</sup>, 9.00 kg/m<sup>3</sup> y 12.00 kg/m<sup>3</sup>, influye en otras propiedades, como: revenimiento, agrietamiento por contracción plástica.
- La dosificación de fibras de polipropileno en 0 kg/m<sup>3</sup>, 4.60 kg/m<sup>3</sup>, 7.00 kg/m<sup>3</sup>, 9.00 kg/m<sup>3</sup> y 12.00 kg/m<sup>3</sup>, influye en la reducción del peralte del pavimento rígido.



## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

**LÓPEZ ROMAN, Jorge (2015)**, en su tesis denominada: “Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macro fibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra adicionado”, Universidad Nacional Autónoma de México, teniendo como objetivo conocer los efectos que tiene la adición de fibras cortas de acero y macro fibras de polipropileno al caracterizar de forma amplia las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido mediante la realización de las diversas pruebas de laboratorio empleando diversos instrumentos novedosos, para así analizar y comprender mucho mejor los efectos de dicha adición, **EL CUAL LLEGÓ A LA CONCLUSIÓN QUE**, la inclusión de fibras de acero y de macro fibras de polipropileno en las mezclas de concreto ayuda de manera sustancial a disminuir la aparición de grietas por contracción plástica; conforme se aumenta el consumo de fibra se logra disminuir en número, espesor y longitud las grietas.

**BARROS FIERRO, Verónica P. & RAMÍREZ CUEVA, Hugo C. (2012)**, en su tesis denominada: “Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 Mpa con agregados de la cantera de pifo”, Universidad Central Del Ecuador, su objetivo fue determinar la cantidad adecuada de fibra de polipropileno a adicionarse a un hormigón, para su diseño, con agregados procedentes de la cantera de Pifo y Cemento Selvalegre para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa, **LLEGANDO A LA CONCLUSIÓN QUE**, la inclusión de fibra de polipropileno si bien no afecta mayormente la trabajabilidad de la mezcla, influye de manera directa en su consistencia a través de la disminución de su asentamiento en al menos 30 mm. Este fenómeno se produce debido a que las fibras proveen mayor cohesión entre las partículas



del hormigón dándole mayor resistencia a la segregación. Este efecto de unión es más notorio mientras se incrementa el contenido de fibras.

**VALERO GALARZA, Jhoner F. (2015)**, como lo menciona en su tesis denominada: “Influencia de las fibras de polipropileno en la figuración asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto, Huancayo 2014”, teniendo por objetivo determinar la influencia de las fibras de polipropileno para controlar las fisuras asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto, LLEGANDO A LA CONCLUSIÓN QUE, las fisuras por retracción plástica en el concreto disminuyen significativamente con el empleo de las fibras de polipropileno, en efecto, existe una relación inversa, es decir, según se va aumentando la dosis de fibra va disminuyendo las fisuras.

## **2.2. CONCRETO FIBROSO**

El concreto tiene una composición de 3 elementos fundamentales como son: cemento, agregados y agua, que al combinarse constituyen otro material con propiedades físicas, químicas y mecánicas distintas en función a la calidad y proporciones empleadas de cada elemento. (Zapana, 2007)

### **2.2.1. Definición de concreto fibroso**

“Para el ACI el concreto con refuerzo de fibras, no es más que un concreto tradicional con la adición de fibras discretas discontinuas cuya misión es contribuir a mejorar las propiedades del concreto”. (ACI544.1R, 1996)

**Figura N° 1:** *Macro-fibras sintéticas de polipropileno*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

### **2.2.2. Componentes del concreto reforzado con fibras de polipropileno**

Enfatizó López (2015) “los CFPP, guarda una gran semejanza con el concreto tradicional, teniendo como contraste la dosificación de algún tipo de fibra. La colocación de fibras, tiene como propiedad afectar el comportamiento del concreto en estado fresco, también lo hace en estado endurecido” (pág. 9, 10)

#### **2.2.2.1. Cemento**

“El cemento es un compuesto de un elemento finamente molido llamando Clinker, que viene a ser el producto final de mezclas de otros materiales que en proporciones determinadas logran las propiedades deseadas”. Zapana (2007)

“El cemento es clasificado por las propiedades que ofrece su estructura interna, a las soluciones de esfuerzos como a los efectos externos a los que estará sometido, los cuales están detallados en la siguiente tabla:” Zapana (2007)

**Tabla N° 1: Tipos de cemento**

<b>Cementos de uso general</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Norma ASTM</b>	<b>Características</b>	<b>Usos</b>
I	C-150	Cemento Portland común	De uso recurrente en estructuras sin especificaciones particulares.
II	C-150	Resistencia moderada a los sulfatos	Para grandes volúmenes de concreto
III	C-150	Altas resistencias iniciales * No fabricado en el Perú.	En estructuras expuestas a climas fríos, fraguado rápido.
IV	C-150	Bajo calor de hidratación * No fabricado en el Perú.	En obras expuestas a climas cálidos. Y en obras de grandes volúmenes de concreto.

**Fuente:** Zapana, 2007, (pág. 6)

#### **2.2.2.2. Compuestos del Cemento**

- a. C3S (Silicato tricálcico).
- b. C2S (Silicato bicálcico).
- c. C3A (Aluminio tricálcico).
- d. C4AF (Ferro-Aluminio tetracálcico).
- e. SO<sub>3</sub> (Yeso).
- f. MaO (Óxido de magnesio).
- g. K<sub>2</sub>O y NaO (Álcalis).

#### **2.2.2.3. Propiedades químicas del cemento**

##### **a. Reacción Álcali – Agregado.**

- Reacción Álcali-Sílice.
- Reacción Álcali-Carbonatación.

##### **b. Resistencia a agentes agresivos.**

- Proceso de disolución.

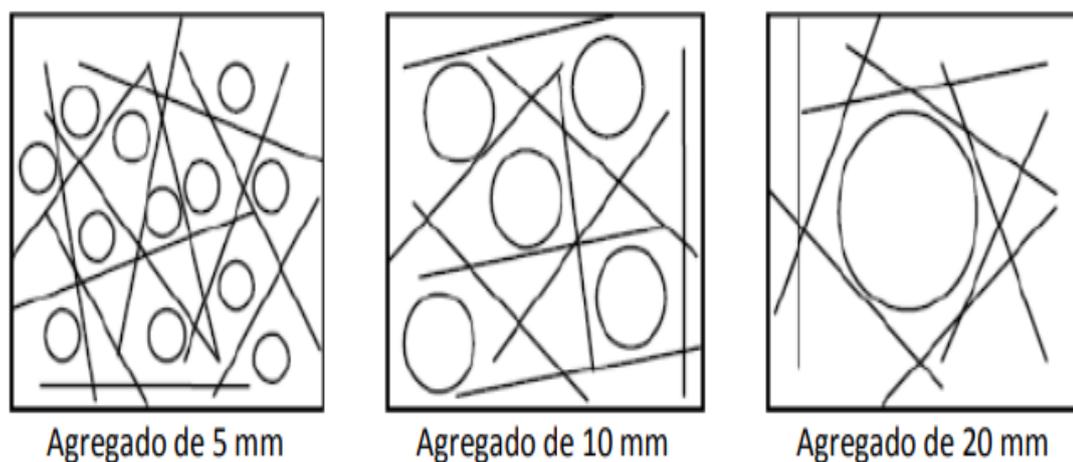
#### 2.2.2.4. *Propiedades físicas del cemento*

- a. Finura del cemento.
- b. Tiempo de inicio y fin de fraguado.
- c. Exudación.

#### 2.2.2.5. *Agregados*

Para Abanto (2009) los materiales petreos (agregados), son “materiales que al combinarse con el agua y el cemento, formando el concreto. Siendo necesaria su uso debido al volumen que representa, desde un 60%, hasta un 75% del volumen total del concreto” (pág. 23), en tal sentido se puede apreciar la relevancia de los agregados y trascendencia que brindan los agregados en la estructura y en la trabajabilidad del concreto” (p. 24)

**Figura N° 2:** *Interacción de las fibras con los agregados (48 mm de longitud)*



**Fuente:** *Extraído de López (2015), (p. 10).*

#### 2.2.2.6. *Propiedades físicas de los agregados*

Los agregados brindan una gran variedad de propiedades físicas, que son apreciables en el comportamiento en el concreto, tales como:

- a. Absorción
- b. Humedad



- c. Porosidad
- d. Peso específico
- e. Porcentaje de vacíos

#### 2.2.2.7. *Propiedades mecánicas de los agregados*

Como su nombre lo indica, son propiedades abocadas a brindar soportes a los esfuerzos generados por agentes externos.

- a. Dureza
- b. Resistencia
- c. Tenacidad

#### 2.2.2.8. *Agua*

“Tomando en cuenta la norma NTP 339.088, el agua para **CFPP**, debe confirmar los siguientes parámetros”: (Rivva, 2001)

**Tabla N° 2:** *Componentes químicos del agua, para el uso en concreto*

	<b>Agua para el diseño (ppm)</b>	<b>Agua para el curado</b>
Cloruros	300	1000
Materia orgánica	10	3
PH	mayor a 7	5.5 - 8
Sales solubles totales	500	-
Residuo insoluble	-	5000
Sólidos en suspensión	1500	-
Sulfatos	300	600
Sales de magnesio	150	-

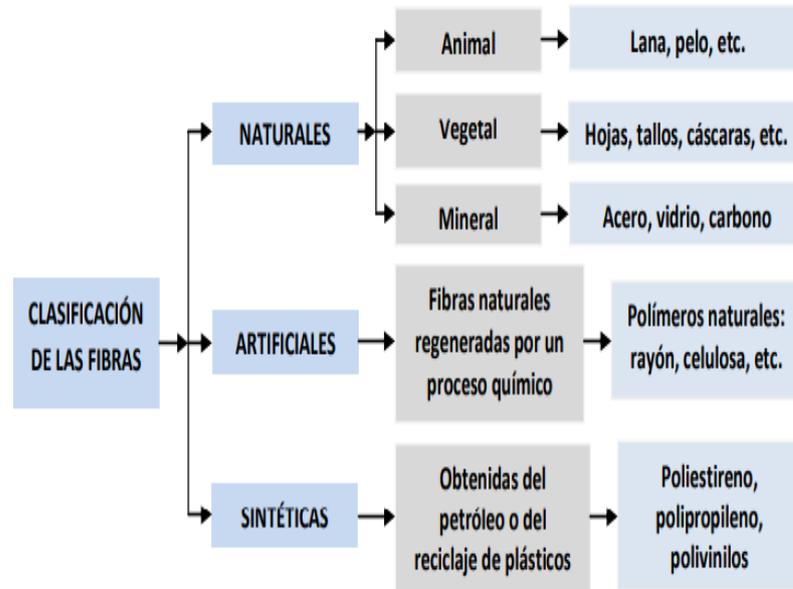
**Fuente:** *Extraido de Zapana (2007), (p. 6)*

#### 2.2.2.9. *Clasificación de las fibras*

Destacó López (2015), “la existencia de diversas clasificaciones para las fibras, la más viable se divide en tres grupos, los cuales son: fibras naturales, artificiales y sintéticas” (pág. 23)

- Naturales
- Artificiales
- Sintéticas

**Figura N° 3:** Esquema de la clasificación de las fibras



**Fuente:** Extraído de López (2015), (p. 23)

Sostuvo López (2015), “las **fibras artificiales** nacen a raíz de los elementos naturales, que fueron procesados por personas a fin de crear un material con capacidades de esfuerzo, por encima de las fibras naturales, lo cual genera mayores ventajas al momento de su empleabilidad” (pág. 24, 25)

#### 2.2.2.10. Fibras de polipropileno (sika fiber force PP-48)

Teniendo como referencia el estudio de macro-fibras, las cuales están delimitadas por:

- Microfibras / micro-fibras: < 0.30 mm diámetro
- Macrofibras / macro-fibras:  $\geq$  0.30 mm diámetro

En la tabla N° 3, se presenta las especificaciones técnicas brindadas por la empresa proveedora de estas fibras.

**Tabla N° 3:** *Fibra de polipropileno (48 mm)*

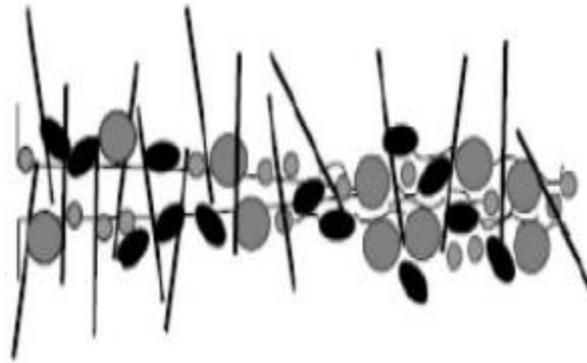
Características técnicas de la fibra de polipropileno (48 mm)

Descripción	Unidad.	Cantidad
Absorción de agua.	%	0.00
Punto de ablandamiento.	°C	170.00
Resistencia a la tracción.	Mpa	620.00
Largo de la fibra.	mm	48.00
Fibras por kilo.	Unid	32,760.00
Espesor de la fibra.	mm	0.3325
Ancho de la fibra.	mm	1.2855
Conductividad eléctrica.	Baja	-
Gravedad específica.	gr/cm <sup>3</sup>	0.92
Resistencia a álcalis, sales y ácidos.	Alta	-
Punto de fusión.	°C	440.00

**Fuente:** *Extraído de hoja técnica Sika Fiber Force PP - 48.*

Resaltó Millán (2013) “las fibras de polipropileno ayudan en el comportamiento post-pico del concreto, ya que debido a su distribución genera la unión entre la fibra y el matriz, generando una especie de sutura dentro del concreto. (Ver figura N° 4)” (pág. 20)

**Figura N° 4:** *Fibras embebidas en el hormigón cosiendo la fisura*



**Fuente:** *Extraído de pujadas, P. “Durabilidad del hormigón con fibras de polipropileno”*

**Figura N° 5:** *Macro-fibra sintética de polipropileno*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

#### **2.2.2.11. Características técnicas y usos de la fibra (sika fiber force PP-48)**

Según la ficha técnica de la sika fiber force PP-48 cuyas características principales son:

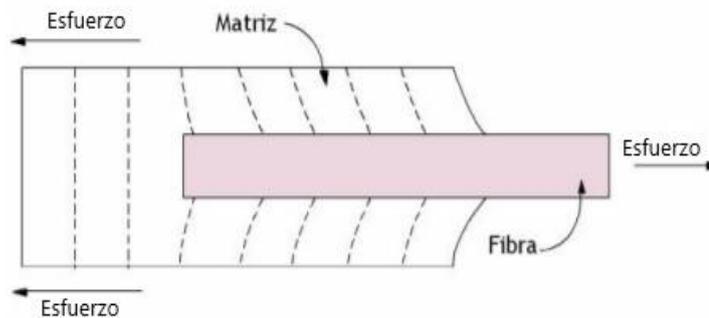
- 🍏 Disminuye la tendencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido del concreto.
- 🍏 Máxima resistencia al arrancamiento dentro de la matriz del concreto.
- 🍏 Reduce el desgaste en bombas y tuberías cuando la mezcla es bombeada.

- 🍏 Alta resistencia a los ataques químicos y a los álcalis.
- 🍏 No se **corroe con las aguas agresivas**.

### 2.2.3. Parámetros en el desempeño del concreto reforzado con fibras

Valero (2015), da a conocer “la ubicación de una fibra dentro de la matriz tiene una gran relevancia al momento de la transmisión de esfuerzos, donde lo más recomendable sería que la fibra este perpendicular a la matriz. Tal es el caso que si la fibra se encuentra perpendicular a la rotura, no brinda ningún aporte al concreto”. (p. 52)

**Figura N° 6:** Diagrama de fuerzas en la fibra

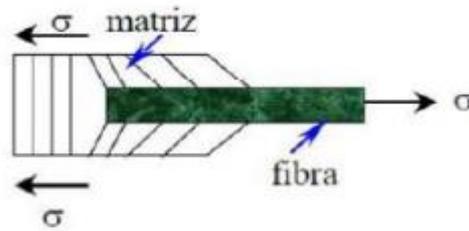


**Fuente:** Extraído de Millán (2013), (pág. 23)

- a. Dosis de la fibra.
- b. Módulo de elasticidad de la fibra.
- c. Adherencia entre la fibra y la matriz.
- d. Resistencia de la fibra.
- e. Compatibilidad entre la fibra y la matriz.
- f. Longitud de la fibra.

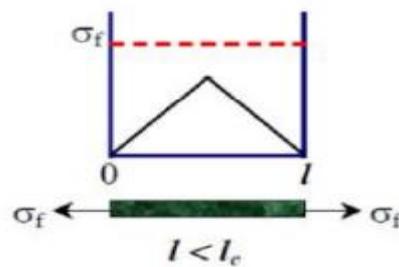
Aseguró Millán (2013) “al aplicar un esfuerzo de tracción, la unión fibra-matriz cesa en los extremos de la fibra y en la matriz se genera un patrón de deformación como el que se muestra en el figura N° 12” (pág. 33)

**Figura N° 7:** Transmisión de carga desde la matriz



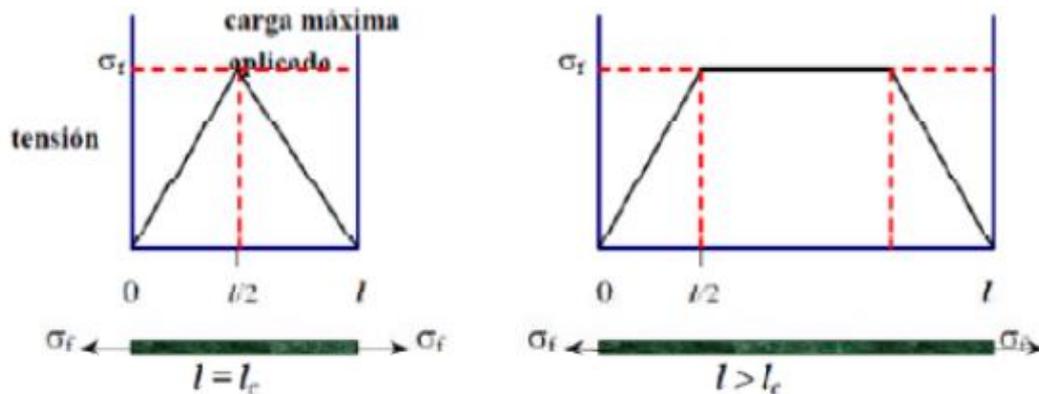
Fuente: *Extraído de López (2015), (p. 33)*

**Figura N° 8:** *Esfuerzo longitudinal de la fibra*



Fuente: *Extraído de López (2015) (p. 33)*

**Figura N° 9:** *Variación de esfuerzo - longitud*



Fuente: *Extraído de López (2015) (p. 33)*

La selección de la fibra de polipropileno se debe basar en el TMN del agregado (ver tabla N° 4)

**Tabla N° 4:** *Longitud de fibra*

T.N.M.		Longitud de la fibra	
(pulg.)	(mm.)	(pulg.)	(mm.)
1/4"	6	3/4"	19
1/2"	13	1 1/2"	38

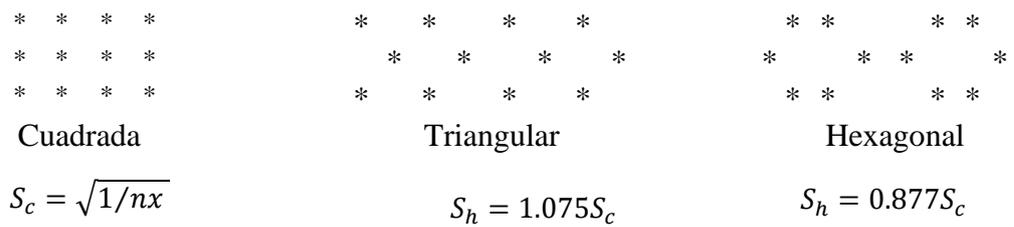
3/4"	19	2 1/4"	54
1"	+25	2 1/2"	60

**Fuente:** *Extraído de ASTM C-1116.*

**g. Eficiencia de la fibra (S)**

Diferencias que pueden aparecer en la orientación de las fibras:

**Figura N° 10:** *Orientación de las fibras*



**Fuente:** *Extraído de López (2015), (p. 34)*

**2.2.4. Propiedades del CFPP**

**2.2.4.1. Concreto fresco**

“El lapso dura aproximadamente entre 1 y 3 horas”. (Millán, 2013, p. 37)

Las principales propiedades del concreto fresco son:

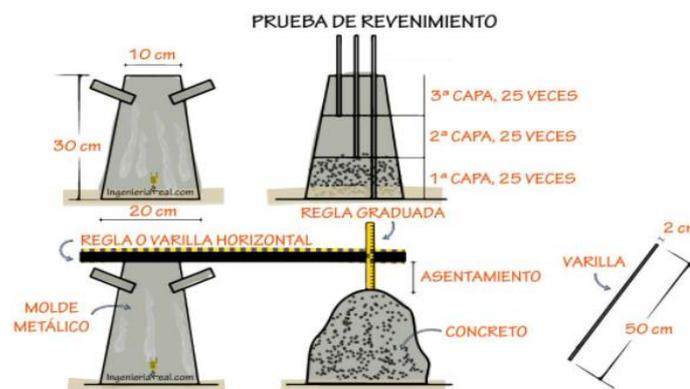
- a.** Trabajabilidad (Docilidad)
- b.** La consistencia
- c.** Homogeneidad

**Tabla N° 5:** Clases de mezclas según su asentamiento

Descripción de la consistencia	Asentamiento	
	(Pulg)	(mm)
Seco	0 a 1	0 a 25
Semi-plástico	1 a 3	25 a 75
Plástico	3 a 5	75 a 125
Semi-fluido	5 a 7 1/2	125 a 190
Fluida	7 1/2 a más	190 a más

**Fuente:** Extraído de Abanto (2009), (p. 49)

**Figura N° 11:** Ensayo de asentamiento (slump).



**Fuente:** Extraído de Abanto, 2009, (p. 48)

#### 2.2.4.2. Concreto endurecido

- Resistencia a compresión.
- Resistencia al impacto.

#### 2.2.4.3. Deformaciones en CFPP

- Retracción

#### 2.2.5. Diseño del CFPP

**Tabla N° 6:** *Características del diseño de mezclas*

<b>Tipo de condición</b>	<b>Características relacionadas</b>	<b>Parámetros Condicionantes</b>
Condición de Diseño	Resistencia	Tipo de Cemento Relación A/C
Condición de Uso en Obra	Trabajabilidad Fluidez Consistencia Características del Elemento	Dosis de Agua Granulometría total Tamaño Máximo
Condición de Durabilidad	Condiciones Ambientales y Ataques agresivos	Tipo de Cemento Uso de Aditivo Dosis Mínima de Cemento

**Fuente:** *Extraído de Valero (2015), (p. 41)*

Continuando con la metodología de estudio, extraemos los parámetros para el diseño, que se resumen en la tabla N° 7.

**Tabla N° 7:** *Parámetros para el diseño de mezclas*

<b>Parámetros de partida para un diseño de mezclas</b>	Tipo de cemento Relación agua/cemento Tamaño máximo Consistencia Uso de aditivos
--	--

**Fuente:** *Extraído de Valero (2015), (p. 41)*

#### **2.2.5.1. Consideraciones iniciales en un diseño de mezclas CFPP**

- a. Tipo de cemento
- b. Relación agua/cemento a/c
- c. Tamaño máximo
- d. Tamaño máximo nominal (TNM)

#### **2.2.5.2. Procedimiento en el diseño de la mezcla**

Resaltó Valero (2015) “para un buen diseño, primero se define en asentamiento de diseño el cual esta referenciado en la tabla N° 8” (pág. 42)

**Tabla N° 8: Asentamiento según el tipo de estructura**

Tipo de estructura	Asentamiento máximo**	Asentamiento mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados.	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras.	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Losas y pavimentos	3"	1"

**Fuente:** *Extraído de Valero (2015), (p. 43)*

- a. Calcular el agua necesaria, garantizando la trabajabilidad del concreto, para tal fin se considera la tabla N° 9; teniendo como factores el TMN.

**Tabla N° 9: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire**

Asentamiento	Agua, en l/m <sup>3</sup> , para los TMN del agregado grueso y consistencia							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concretos sin aire incorporado</b>								
<b>1" a 2"</b>	207	199	190	179	166	154	130	113
<b>3" a 4"</b>	228	216	205	193	181	169	145	124
<b>Concretos con aire incorporado</b>								
<b>1" a 2"</b>	181	175	168	160	150	142	122	107
<b>3" a 4"</b>	202	193	184	175	165	157	133	119

**Fuente:** *Extraído de Valero (2015), (p. 44)*

- b. Definir el % de aire atrapado, teniendo en cuenta el TMN y considerando la tabla N° 10.

**Tabla N° 10: Contenido de aire atrapado**

Tamaño máximo nominal	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
	Contenido de aire atrapado	Contenido total de aire
3/8"	3.0%	8.0%
1/2"	2.5%	7.0%
3/4"	2.0%	6.0%
1"	1.5%	5.0%
1 1/2"	1.0%	4.5%
2"	0.5%	4.0%
3"	0.3%	3.5%

**Fuente:** *Extraído de Valero (2015), (p. 45)*

- c. Definir la relación a/c requerida para obtener la resistencia proyectada, para tal fin se muestra la tabla N° 11.

**Tabla N° 11: Relación a/c, por resistencia**

$f_{cr}^t = kg/cm^2$ a los 28 días	Relación a/c de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

**Fuente:** *Extraído de Valero (2015), (p. 45)*

- d. Contrastar la información para obtener la mejor la a/c, y llegar a las condiciones establecidas en la norma, para el diseño de concreto.



**Tabla N° 12: Relación a/c**

Condiciones de exposición	Relación a/c máxima para agregados de peso normal	Para una f'c mínimo en concreto con agregado liviano
<b>Concretos de baja permeabilidad</b>		
- Expuesto a agua dulce	0.50	260
- Expuesto a aguas cloacales	0.45	
<b>Protección contra la corrosión de concreto</b>		
- Protección contra la corrosión.	0.40	325

**Fuente:** *Extraído de Enrique Riva Lopez, “Diseño de mezclas” (p. 101)*

e. Seleccionar la menor de las a/c, considerando la durabilidad y la resistencia.

Sabiendo que la máxima a/c permisible para concretos que resisten climas agrestes.

**Tabla N° 13: Máxima relación a/c**

Tipo de estructura	Estructuras expuestas a congelamiento y deshielo.	Estructuras expuestas al agua de mar o sulfatos.
Secciones delgadas y todas aquellas secciones con menos de 3 cm de recubrimiento.	0.45	0.40**
Cualquier tipo de estructura.	0.45	0.40**

**Fuente:** *Extraído de Flavio abanto castillo. “tecnología del concreto”, (p. 69)*

f. Calcular el FC por metro cúbico de concreto, en función del volumen unitario de agua y de la relación a/c.

Mediante la fórmula:

$$FC = \frac{\text{Vol. Unitario de agua}}{\text{Relacion a/c}}$$

g. Calcular proporcionalmente los agregados. La tabla N° 14, dependiendo del tamaño máximo y módulo de fineza del agregado fino.

**Tabla N° 14:** *Volumen de agregado grueso por volumen de concreto*

Tamaño máximo del agregado grueso	Volumen de agregados grueso, seco y compactado (*) por unidades de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza de agregado fino.			
	Módulo de fineza de agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65

**Fuente:** *Extraído de Flavio abanto castillo. "tecnología del concreto", (p. 69)*

h. Definir el metodología de diseño, para poder calcular el volumen de agregados. Para dicho fin contamos con dos métodos:

- ✓ Método de los Pesos.

**Tabla N° 15:** *Primera evaluación del peso del concreto fresco*

$f_{cr}^t = \text{kg/cm}^2$ a los 28 días	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concreto sin Aire Incorporado	Concreto con Aire Incorporado
450	0.38	...
400	0.43	...
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

**Fuente:** *Extraído de Flavio Abanto Castillo. "Tecnología del Concreto", (p. 73)*



Con la siguiente formula, se podrá calcular:

$$P.U. = 10 * \gamma_{ag} * (100 - A) + C * \left(1 - \frac{\gamma_{ag}}{\gamma_{ce}}\right) - W * (\gamma_{ag} - 1)$$

✓ Método de los Volúmenes Absolutos.

$$✓ \text{ Volumen} = \frac{\text{Peso Seco}}{\text{Peso Específico}}$$

- i. Recalcular los proporciones, referenciando el contenido de humedad y el porcentaje de absorción de los agregados.
- j. Ajustar las proporciones en función de los datos obtenidos en las mezclas en laboratorio.

- ❖ Agregado grueso (AG)
  - % Humedad = % $W_{ag}$
  - % Absorción = % $a_{ag}$
- ❖ Agregado fino (AF)
  - % Humedad = % $W_{af}$
  - % Absorción = % $a_{af}$

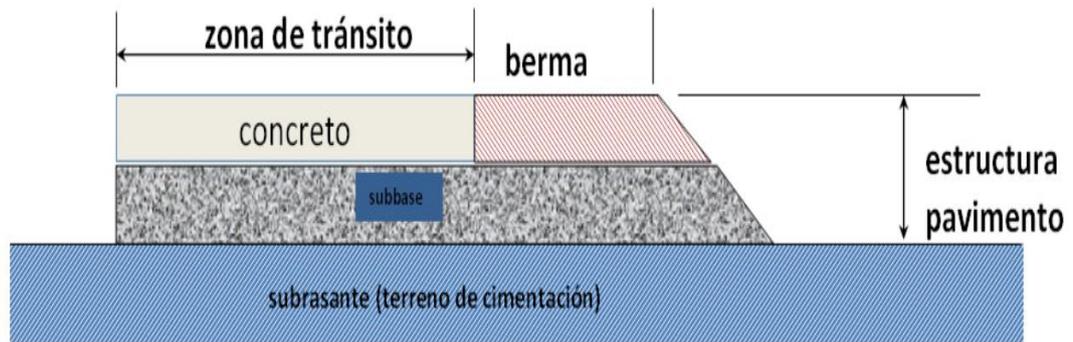
Por lo tanto:

- ❖  $\text{Peso del (AG) húmedo (kg)} = [\text{Peso del (AG) Seco}] * \%W_{ag}$
- ❖  $\text{Peso del (AF) húmedo (kg)} = [\text{Peso del (AF) Seco}] * \%W_{af}$
- ❖  $\text{Agua en (AG)} = [\text{Peso del (AG) seco (en kg)}] * (\%W_{ag} - \%W_{ag})$
- ❖  $\text{Agua en (AF)} = [\text{Peso del (AF) seco (en kg)}] * (\%W_{af} - \%W_{af})$
- ❖  $\text{Agua en (AG)} = \text{Agua de Diseño (kg)} - [(\text{Agua (AG)} - \text{Agua en (AF)})]$

### 2.3. LOSAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS CON FIBRAS DE POLIPROPILENO

Dijo Zelada (2019) “el carpeta asfáltica es una estructura de rodamiento conformado por diversos componentes, siendo una de las más importantes la losa del pavimento rígido, en tal sentido se debe priorizar el buen diseño de la losa” (pág. 3)

**Figura N° 12:** Estructura del pavimento rígido

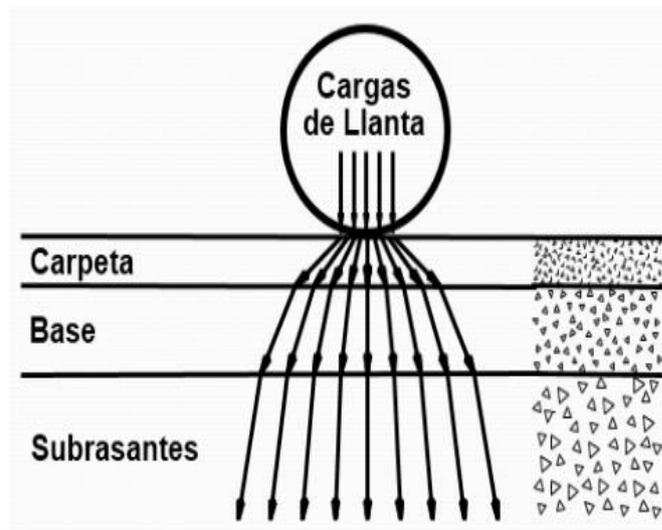


**Fuente:** Extraído de Hancco (2016), (pág. 33)

Para Chapoñan & Quispe (2017) “las características principales del pavimento rígido son:

- Vida de servicio, normal mente varía entre 20 a 30 años.
- Costos iniciales elevados.
- Mantenimiento permanente, con un costo mínimo.
- Reparación difícil y esporádica” (pág. 23)

**Figura N° 13:** Transmisión de cargas en un pavimento rígido



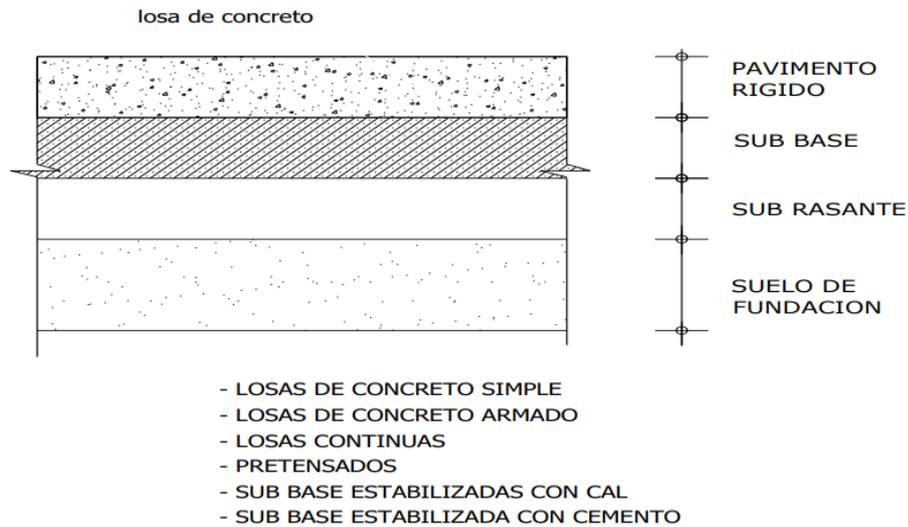
**Fuente:** Chapoñan & Quispe (2017), (p. 19)

### 2.3.1. Tipos de pavimento Rígido

- a. Pavimento rígido de concreto simple

- b. Pavimento rígido reforzado
- c. Los pavimentos rígidos con refuerzos continuos

**Figura N° 14: Pavimento rígido**



**Fuente:** *Extraido de Hanco (2016), (p. 34)*

### 2.3.2. Diseño del pavimento rígido (método AASHTO 93)

La AASHTO 93, es normalmente el más utilizado, para el diseño de pavimentos rígidos, por su confiabilidad, con la ecuación siguiente:

$$\log(W_{18}) = Z_R * S_o + 7.35 * \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right]}{1 + \frac{1.647 * 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32x_{p_t}) * \log\left[\frac{S'_c * C_d * (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J * [D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{E_c}{k})^{0.25}}]}\right]$$

#### 2.2.11.1. Tránsito

$$ESAL_S = \sum N_o \text{ de vehículos por categoría} * F_{sentido} * F_{carril} * F_{crecimiento} * F_{equivalente}$$

#### 2.2.11.2. Confiabilidad

La confiabilidad tiene por objetivo estudiar la probabilidad del pavimento de poder cumplir con todos los parámetros para los que fue diseñado como es el caso de período de diseño, resistencia al tráfico así como condiciones ambientales.

**Tabla N° 16:** Niveles de confiabilidad recomendados por AASHTO 93

Clasificación funcional	Nivel recomendado de confiabilidad	
	Urbano	Rural
Interestatal y otras vías	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterías principales	80 – 99	75 – 95
Colectores	80 – 95	75 – 95
Local	50 – 80	50 – 80

**Fuente:** *Extraído de AASHTO, guide for design of pavement structures 1993.*

### 2.2.11.3. Desviación estándar y factor de desviación normal

Definió Isidro (2018) “la confianza “R” elegida deberá ser corregida, utilizando un factor de corrección” (pág. 51)

**Tabla N° 17:** Desviación normal de la confiabilidad

Confiabilidad R (%)	Desviación estándar normal ZR
80	-0.8416
85	-1.0364
90	-1.2816
91	-1.3408
92	-1.4051
93	-1.4758
94	-1.5548
95	-1.6449
96	-1.7507
97	-1.8808
98	-2.0537

**Fuente:** *Extraído de AASHTO, guide for design of pavement structures 1993.*

### 2.2.11.4. Serviciabilidad

La permutación total en el índice de serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ) esta expresado por:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

#### 2.2.11.5. Módulo de elasticidad del concreto ( $E_C$ )

La AASHTO sugirió la siguiente ecuación, considerando: el módulo de elasticidad del concreto y el módulo de elasticidad

$$E_C = 57000 * \sqrt{f'_c} \quad (psi)$$

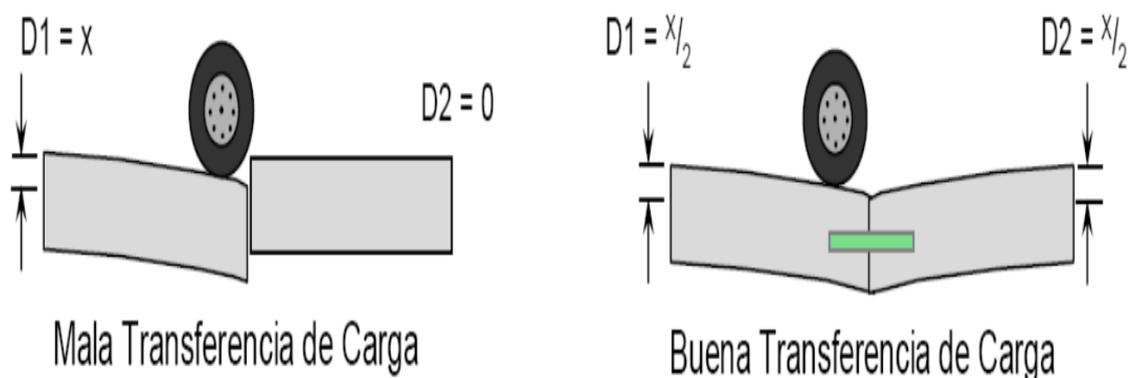
Donde:

✓  $f'_c$ : Resistencia del concreto en (psi)

#### 2.2.11.6. Coeficiente de transferencia de carga ( $J$ )

Según Isidro (2018) el parámetro  $J$  “define su objetivo como el de minimizar las deformaciones y los esfuerzos del pavimento” (pág. 55)

**Figura N° 15:** Esquema de transferencia de carga entre losas vecinas



**Fuente:** Extraído de Isidro (2018), (pág. 55)

**Tabla N° 18:** *Coefficiente de transferencia de carga*

Tipo de berma	Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento pórtland.	
	Sí	No	Sí	No
Dispositivos de transmisión de cargas	Sí	No	Sí	No
Pavimentos con juntas de concreto simple o concreto reforzado	3.2	3.4 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
Pavimentos de concreto continuamente reforzado	2.9 – 3.2	N.A.	2.3 – 2.9	N.A.

**Fuente:** *Extraido de AASHTO, guide for design of pavement structures 1993.*

#### 2.2.11.7. *Coefficiente de drenaje (CD)*

Es la cabida que posee el pavimento, en la tabla N° 19, se puede apreciar la calificación del drenaje en función del tiempo.

**Tabla N° 19:** *Coefficiente de drenaje*

Calidad del drenaje	Agua removida en:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	Agua no drena

**Fuente:** *Extraido de AASHTO, guide for design of pavement structures 1993.*

**Tabla N° 20:** *Coefficientes de drenaje para pavimento rígido*

Calidad del drenaje	Porcentaje de Tiempo al cual está Expuesta la Estructura del Pavimento a Niveles de Humedad Próxima a la Saturación			
	Menor del 1%	1 - 5%	5 – 25%	Mayor del 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

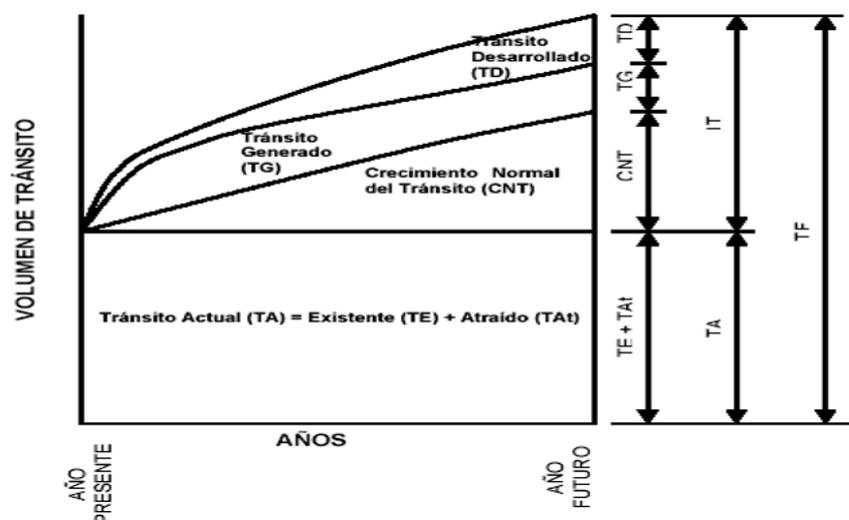
**Fuente:** *Extraído de AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.*

## 2.4. ESTUDIO DE TRÁFICO

### 2.4.1. Volumen de tránsito

Vendría a ser la división entre el número total de vehículos y el tiempo que transcurrió.

**Figura N° 16:** *Componentes del volumen de tránsito futuro*



**Fuente:** *Extraído de Suaña (2012), (p. 101)*

### 2.4.2. Análisis del tráfico

**Tabla N° 21:** Parte de la tabla de pesos y medidas máximas permitidas

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. ( m )	Eje Delant	Peso máximo ( t )				Peso bruto máx. ( t )
				Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º	4º	
C2		12,30	7	11	---	---	---	18
C3		13,20	7	18	---	---	---	25
C4		13,20	7	23 <sup>(1)</sup>	---	---	---	30
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
T2S1		20,50	7	11	11	---	---	29
T2S2		20,50	7	11	18	---	---	36
T2S3		20,50	7	11	25	---	---	43
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
B2		13,20	7	11	---	---	---	18
B3-1		14,00	7	16	---	---	---	23
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

**Fuente:** Extraído del reglamento nacional de vehículos, D.S. N° 058-2003-MTC.

### 2.4.3. Factor camión.

$$\text{Factor de Equivalencia de Carga} = \left( \frac{P_i}{P_0} \right)^4$$

Los valores a asumir por según AASHTO, se muestran en la tabla 23.

**Tabla N° 22:** Valores a asumir por según AASHTO

Tipo de eje	Configuración de ruedas	Carga de referencia P <sub>0</sub>		
		kN	Kip	Tn
Simple	Simple	65	14.5	6.6
Simple	Doble	80	18.0	8.2
Tándem	Doble	146	33.0	15.0
Tridem	Doble	225*	50.7*	23.0* <sup>1</sup>

**Fuente:** Extraído de Reglamento Nacional de Vehículos, D.S. N° 058-2003-MTC.

## CAPÍTULO III

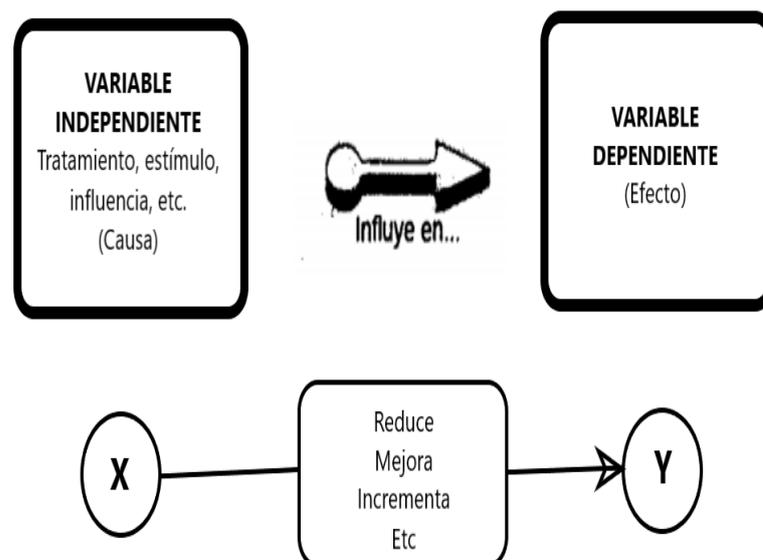
### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

La presente tesis consiste en un trabajo cuantitativo, con el objetivo identificar la variación de propiedades del concreto con la adición de fibras de polipropileno. Con la finalidad de comprobar su confiabilidad, se usará datos experimentales obtenidos en laboratorios para desarrollar patrones de comportamiento, además de probar teorías. Teniendo un nivel de investigación correlacional.

La presente estudio es de carácter experimental. En tal sentido, Valero menciona que Hernández, Femández y Baptista (2010), expresan que “La experimentación (denominadas variables independientes) para visualizar el comportamiento sobre otras (variables las dependientes) en una ambiente de contrololado.” (pág. 71) Veámoslo gráficamente en la figura N° 17.

**Figura N° 17:** *Diagrama de variables*



**Fuente:** *Hemández, Femández y Baptista. Editorial Me Gmw Hill, (2010),(p. 122)*

#### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA



De acuerdo al MTC E 701 la “indica que de acuerdo a la práctica local se define el número de muestras, para cada condición del ensayo y para cada edad generalmente se deben elaborar tres o más especímenes, es por ello que se optó por elaborar 3 probetas por cada condición, siendo la población de estudio un total de 45 muestras (briquetas), para el correspondiente análisis de la resistencia a la compresión, como se muestra en la figura N° 18.” (pág. 766)

Teniendo como uno de los principales factores en la investigación, la variación proporcional del polipropileno al momento del diseño, se pretende variar la dosificación del polipropileno para poder obtener una gran población y poder llegar a conclusiones más precisas. De acuerdo a las recomendaciones dadas por anteriores investigaciones y por el ACI-544.2R, a través de sus reportes.

Se optó por la macro-fibra sintética **sika fiber force PP 48** (contando con una gran gama de empresas que venden el polipropileno como lo son Sika, Myphor, Per fiber mix). Pero se optó por **sika fiber force PP 48** por características físicas y por el cumplimiento a la norma ASTM C-1116, que la empresa realiza mediante sus ISO.

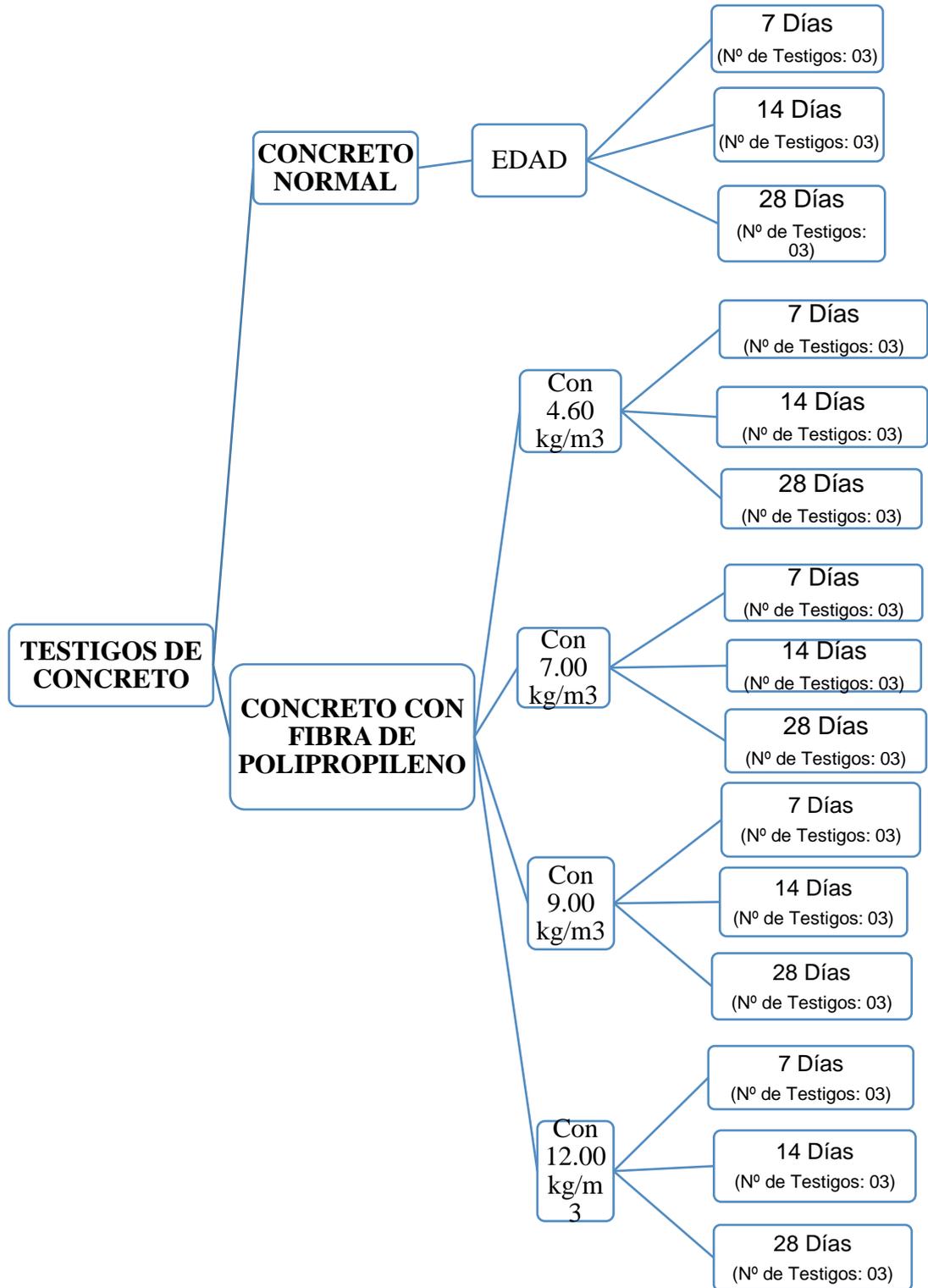
La dosificación de fibras depende también: de la forma de la fibra, las circunstancias de colocación, el grado de densidad y la relación de aspecto (L/d).

En total se fabricaron cinco mezclas; una con dosificación 0.00% de fibra, 4 con macro-fibras de polipropileno para porcentajes volumétricos de: 0.53, 0.74 ,1.00 y de 1.19 % (4.6, 7.0, 9.0 y 12.0 kg/m<sup>3</sup>). La última dosificación excede lo recomendado por el fabricante, se realizó a fin de ver la propiedad de resistencia a la fisuración que podría alcanzar sin considerar su aporte a la compresión. Con todos estos parámetros se pretende realizar 45 probetas y realizando el estudio en tres fechas; primero a los 7 días, después a los 14 y finalmente a los 28 días, considerando además la resistencia a la fisuración que alcancen en cada dosificación.



Para tal fin se optará por el diseño del concreto con resistencia 280 kg/cm<sup>2</sup>, debido al gran flujo vehicular que soporta la vía a diseñar, teniendo como consigna mejorar las propiedades mecánicas del concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup>, con la ayuda de la fibra de polipropileno y sin generar un significativo aumento en el costo de producción del concreto, pero con un aumento significativo en las propiedades mecánicas de dicho concreto. Para tal fin se evaluará el tramo km 0+000 – km 3+050, que nos brinda una distancia de 3.050 km. (Av. Circunvalación, Jr. Francisco Bolognesi)

**Figura N° 18:** *Población de estudio*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

En el proceso de dosificación de fibras de polipropileno incorporadas en el concreto, se tendrá en cuenta:

- a. El grupo control (G.C), representa al concreto tradicional, diseñado para una resistencia de 280 Kg/cm<sup>2</sup> alcanzados a los 28 días.
- b. El grupo experimental (G.E), representado por cuatro diseño con adición de fibras de polipropileno de 48 mm de longitud, en las porciones de 4,600 g/m<sup>3</sup>, 7,000 g/m<sup>3</sup>, 9,000 g/m<sup>3</sup>, y 12,000 g/m<sup>3</sup> para las losas de pavimentos con resistencias de 280 Kg/cm<sup>2</sup>; a los 7, 14 y 28 días.
- c. La pos prueba que se dio, comparando el grupo control con las distintas variaciones o grupos experimentales, evaluando las variaciones de las propiedades las físicas y mecánicas. (ver tabla N° 24)

**Tabla N° 23: Estructura de la investigación**

Grupos		Variable independiente		
A1	Concreto convencional	$X_1$	Sin fibras	
		$X_2$	Dosis de fibras de "PP" (48mm) 4.6 kg/m <sup>3</sup>	0.51% del vol. de concreto
A2	Concreto con adición de fibras de "PP"	$X_3$	Dosis de fibras de "PP" (48mm) 7.0 kg/m <sup>3</sup>	0.76 del vol. de concreto
		$X_4$	Dosis de fibras de "PP" (48mm) 9.3 kg/m <sup>3</sup> 1.00	1.00% del vol. de concreto
		$X_5$	Dosis de fibras de "PP" (48mm) 12.00 kg/m <sup>3</sup>	1.19% del vol. de concreto

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

### 3.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

La variable independiente a estudiar en este proyecto vendría a ser la dosificación en porcentajes de las macro-fibras de polipropileno de 48 mm con extremos conformados.

**Tabla N° 24: Operacionalización de variables**

Variables	Dimensiones	Indicadores	Índices
Independiente			Kg/m <sup>3</sup>

Adición de fibras de polipropileno.	Adición de fibras de polipropileno.	% de Fibra de polipropileno (0, 4.6, 7, 9 y 12) kg/m3.	
<b>Dependiente</b> Propiedades del concreto f'c 280 kg/cm2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrietamiento por contracción plástica</li> <li>• Resistencia a compresión simple.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayo al concreto plástico.</li> <li>• Compresión simple.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• %</li> <li>• Kg/cm2</li> </ul>

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

### 3.4. SELECCIÓN DE LOS MATERIALES

#### 3.4.1. Cemento

El cemento manejado en la presente investigación es de marca “RUMI”, clasificado como cemento puzolánico IP, con un 25% de puzolana, cuyas principales características son:

**Tabla N° 25:** *Características químicas del cemento.*

Característica Química	Cemento tipo IP		Normas	Porcentajes típicos para TIPO I
	Clinker	Clinker + 25% Puzolana		
S <sub>1</sub> O <sub>2</sub> – Sílice	% 20.26	31.07	17 - 25	20 - 27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – Alúmina	% 5.40	8.36	3 - 8	4 - 7
Fe <sub>3</sub> O <sub>2</sub> – Óxido férrico	% 4.96	2.73	5 - 6	2 - 4
CaO – Cal combinada	% 63.30	46.27	60 - 67	61 - 67
MgO – Magnesio	% 4.23	3.43	0.1 - 5.5	1 - 5
SO <sub>3</sub> – Trióxido de azufre	% 0.10	1.70	1 - 3	1 - 3
CaO – Cal libre	% 1.24	-	-	-
<b>Suma</b>	99.49	93.56	-	-
<b>Compuestos potenciales</b>				
C <sub>3</sub> S – Silicato tricálcico	% 55.73	-	-	33 - 55
C <sub>2</sub> S – Silicato dicálcico	% 14.41	-	-	18 - 35
C <sub>3</sub> A – Aluminato tricálcico	% 5.93	-	-	7 - 14
C <sub>4</sub> AF – Ferro aluminato tetracálcico	% 15.09	-	-	6 - 9
<b>Suma</b>	91.16			

**Fuente:** *Extraído de Zapana (2007), (p. 6)*

**Tabla N° 26:** *Características físicas del cemento*

Característica física	Cemento tipo ip clinker + 25% puzolana	Normas ASTM C-100
Resistencia a la compresión		

1 Día	42.63 kg/cm <sup>2</sup>	-
3 Día	158.90 kg/cm <sup>2</sup>	85 kg/cm <sup>2</sup>
7 Día	247.98 kg/cm <sup>2</sup>	145 kg/cm <sup>2</sup>
28 Día	333.27 kg/cm <sup>2</sup>	240 kg/cm <sup>2</sup>

**Fuente:** *Extraído de Zapana (2007), (p. 8)*

### 3.4.2. Agregados

El material pétreo que se utilizó comúnmente se conoce como piedra triturada. Teniendo como ubicación de la empresa el “km 16 + 000 de la vía Juliaca – Cabanillas”

Se utilizaron los materiales de dicha zona, a razón de la gran oferta de dicho material pétreo y la gran calidad de esta, además de las múltiples empresas orientadas a este tipo de servicios (5 empresas), lo cual genera una mayor confianza en el producto.

**Figura N° 19:** *Ubicación de la planta chancadora “ Piedra Azul ”*



**Fuente:** <http://www.google.com> > eart,

**Figura N° 20:** *Maquinaria productora de piedra chancada*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

### 3.4.2.1. Agregado grueso

#### a. Muestreo.

**Figura N° 21:** *Planta Procesadora, km 16 Juliaca - Cabanillas.*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

**b. Extracción y transporte de muestras.** (NTP 400.010:2001

agregados.)

- **Objetivo**

El muestreo tiene como fin transportar la muestra más representativa posible.

- **Procedimiento**

- i. Para realizar un buen muestreo de agregados se debe de tomar al azar el agregado.

**Tabla N° 27:** *Peso mínimo de muestreo en campo*

TMN	Masa mínima para la muestreo de campo
1/2"	15 kg
3/4"	25 kg
1"	50 kg

**Fuente:** *Extraido de NTP 400.010:2001 agregados.*

**Figura N° 22:** *Transporte de materia, de la cantera a la universidad.*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*



**c. Contenido de humedad (NTP 339.185:2002 agregados)**

• **Resultados**

Los resultados se encuentran detallados en el anexo A. 8, con resultados que se pueden visualizar en la tabla N° 28

**Tabla N° 28:** *Resultados del contenido de humedad del agregado grueso*

<b>Contenido de humedad</b>	
<b>N° de muestra</b>	<b>Agregado grueso</b>
T - 01	0.61%
T - 02	0.59%
T - 03	0.53%
<b>Promedio</b>	<b>0.58%</b>

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo. En el anexo A. 8 se detalla este ensayo*

**d. Absorción y peso específico del agregado grueso (NTP 400.021:2002 agregados)**

• **Materiales y equipos**

- ✓ **Balanza:** Con capacidad de 5,000 gr ó más, con aprox. a 0.5gr y (marca: H.W. Kessel.S.A.; procedencia: EE.UU.)
- ✓ **Tamiz normalizado N° 4** (marca: ELE International, procedencia: EE.UU.)
- ✓ **Depósito de agua.**
- ✓ **Cesta con malla de alambre.**
- ✓ **Horno.** (marca: HUMBOLDT, procedencia: EE.UU.)

• **Resultados**

Los resultados se encuentran detallados en el anexo A. 8, con resultados que se pueden visualizar en la tabla N° 29

**Tabla N° 29:** Resultados del ensayo de peso específico y absorción en agregado grueso

Descripción	Unid.	Peso específico y absorción			Promedio
		Muestra			
		1	2	3	
Peso específico sat. sup. seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.59	2.60	2.57	2.59
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.54	2.56	2.52	2.54
Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.68	2.69	2.64	2.67
Absorción de agua	%	1.86	1.88	1.83	1.86

**Fuente:** Elaboración propia. En el anexo A. 10 se detalla este ensayo.

**e. Peso unitario del agregado grueso (Densidad).** (NTP 400.017:2011 agregados)

- **Resultados**

Los resultados se encuentran detallados en el anexo A. 10, con resultados que se pueden visualizar en la tabla N° 30

**Tabla N° 30:** Resultados del ensayo de peso unitario suelto

Peso unitario suelto del agregado grueso (Densidad).		
N° de muestra	Unid.	Agregado grueso
PU – 01	kg/m <sup>3</sup>	1,522.36
PU – 02	kg/m <sup>3</sup>	1,527.12
PU – 03	kg/m <sup>3</sup>	1,530.93
<b>Promedio</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,526.80

**Fuente:** Elaboración propia. En el anexo A. 12 se detalla este ensayo.

Los resultados se encuentran detallados en el anexo A. 12, los resultados que se pueden visualizar en la tabla N° 32

**Tabla N° 31:** Resultados del ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso

<b>Peso unitario compactado del agregado grueso (Densidad).</b>		
<b>N° de muestra</b>	<b>Unid.</b>	<b>Agregado grueso</b>
PU – 04	$kg/m^3$	1,751.00
PU – 05	$kg/m^3$	1,754.81
PU – 06	$kg/m^3$	1,759.57
<b>Promedio</b>	$kg/m^3$	1,755.13

**Fuente:** Elaboración propia. En el anexo A. 12 se detalla este ensayo.

**f. Análisis granulométrico** (NTP 400.012:2001 agregados)

A efectos de poder tener una población más representativa se optó por realizar 3 pruebas para el análisis granulométrico del agregado grueso, con el fin de poder tabular dicha información y poder obtener puntos de comparación. En las figuras 23, 24 y 25 se muestran las curvas granulométricas de los 3 ensayos que se realizaron, para efectos más detallados se tienen los anexos 1, 2 y 3, donde se tiene más a detalle cada uno de dichos ensayos.

- **Muestra**

Después del secado, debe de ser de acuerdo a lo referenciado en la tabla N° 33.

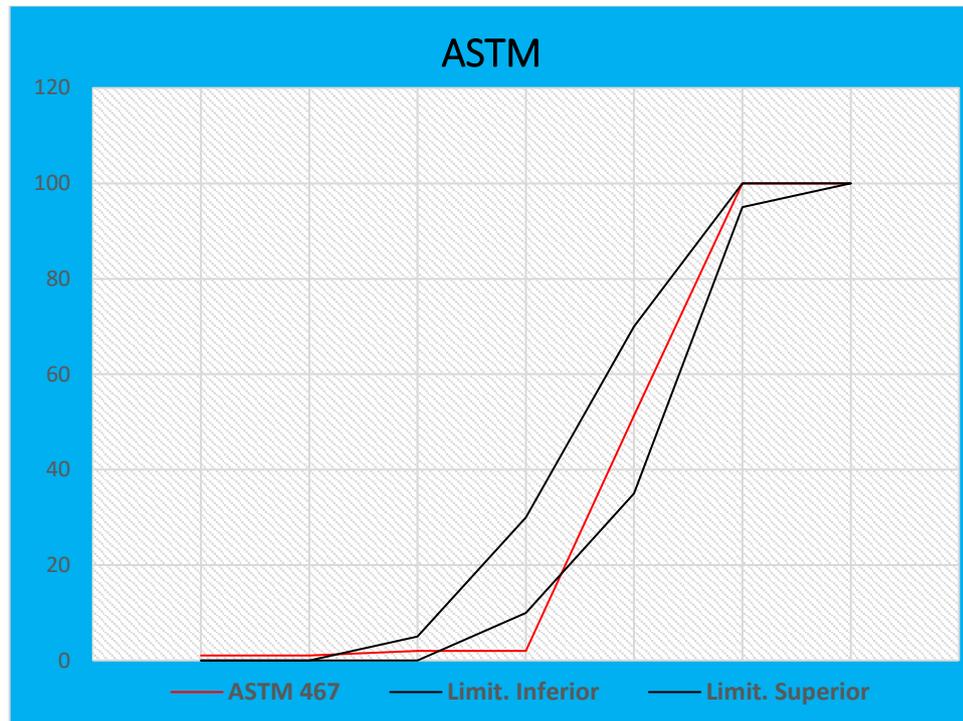
**Tabla N° 32:** Cantidad de material necesario para el ensayo de granulometría

<b>Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg)</b>	<b>Cantidad de muestra de ensayo, mínimo kg(Lb)</b>
12.5 (1/2")	2.0 (4)
19.0 (3/4")	5.0 (11)
25.0 (1")	10.0 (22)

**Fuente:** Extraído de NTP 400.012:2001. Agregados.

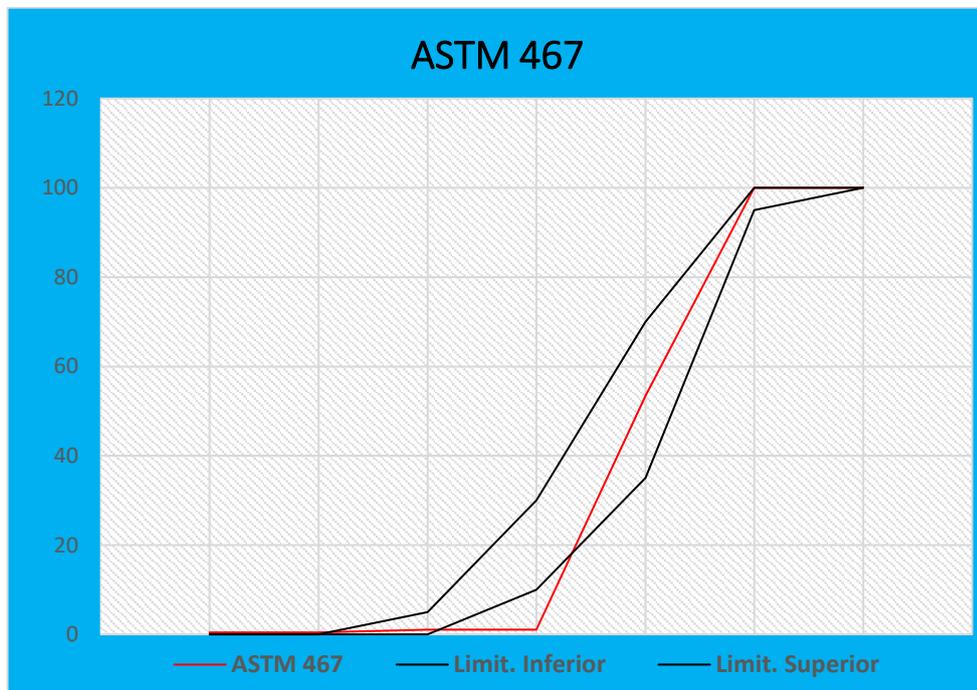
- **Resultados**

**Figura N° 23:** Curva granulométrica agregado grueso (muestra 01)



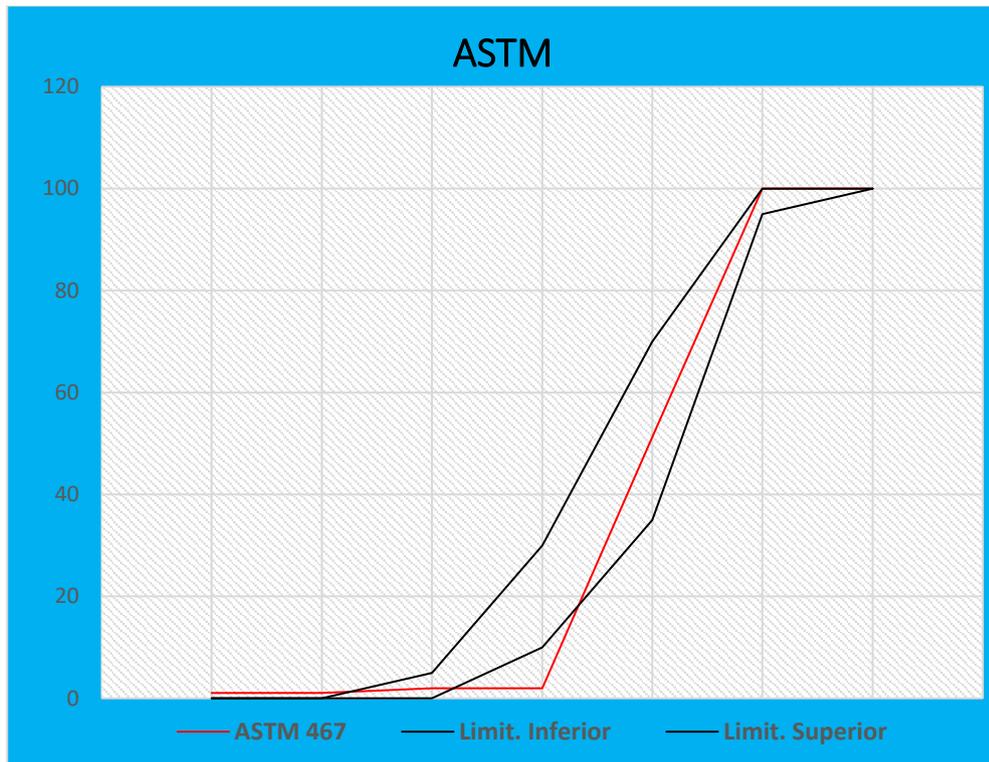
**Fuente:** *Elaboración propia. En el anexo A.1 se detalla este ensayo.*

**Figura N° 24:** *Curva granulométrica agregado grueso (muestra 02)*



**Fuente:** *Elaboración propia. En el anexo A. 2 se detalla este ensayo.*

**Figura N° 25:** *Curva granulométrica agregado grueso (muestra 03)*



**Fuente:** *Elaboración propia. En el anexo A. 3 se detalla este ensayo.*

**g. Abrasión los Ángeles (ASTM C 535)**

- **Resultados**

Se obtuvo una resistencia al desgaste de 82.18% y una pérdida de 17.82%, menor al 20%, eso referencia la buena calidad del agregado. En el anexo A. 7 se detalla este ensayo.

**h. Porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso.**

(MTC E 210)

- **Muestra**

Se debe contar con 1,500 kg de agregado grueso.

- **Resultados**

$$P = \frac{F}{(F + N)} * 100$$

$$P = 58 \%$$

### 3.4.2.2. Agregado fino

#### a. Contenido de humedad (NTP 339.185:2002 Agregados)

- **Resultados.**

Los resultados se encuentran detallados en el anexo A. 8, los resultados se pueden visualizar en la tabla N° 34.

**Tabla N° 33:** *Resultados del contenido de humedad del agregado fino*

Contenido de humedad	
N° de Muestra	Agregado Fino
K - 01	0.95%
K - 02	0.94%
K - 03	0.78%
<b>Promedio</b>	<b>0.89%</b>

**Fuente:** *Elaboración propia. En el anexo A. 8 se detalla este ensayo*

#### b. Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022:2002 Agregados)

- **Resultados:**

Los resultados se encuentran detallados en el anexo A. 11, los resultados se pueden visualizar en la tabla N° 35

**Tabla N° 34:** *Resultados del peso específico y absorción del agregado fino*

Descripción	Unid.	Peso específico y absorción			Promedio
		Muestra			
		1	2	3	
Peso específico Sat. Sup. Seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.61	2.61	2.61	2.61
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.55	2.56	2.55	2.55
Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.69	2.70	2.69	2.69
Absorción de agua	%	1.99	2.04	2.07	1.99

**Fuente:** *Elaboración propia. En el anexo A. 11 se detalla este ensayo.*

#### c. Peso Unitario del agregado fino (NTP 400.017:2011 Agregados)

- **Resultados**

Los resultados se encuentran detallados en el anexo A. 13,  
los resultados se pueden visualizar en la tabla N° 36

**Tabla N° 35:** Resultados del ensayo de peso unitario suelto del agregado fino

<b>Peso unitario suelto del agregado fino (Densidad)</b>		
<b>N° de muestra</b>	<b>Unid.</b>	<b>Agregado fino</b>
PU – 01	$kg/m^3$	1,273.71
PU – 02	$kg/m^3$	1,268.95
PU – 03	$kg/m^3$	1,269.90
<b>Promedio</b>	$kg/m^3$	1,270.85

**Fuente:** Elaboración propia. En el anexo A. 13 se detalla este ensayo.

Los resultados se encuentran detallados en el anexo A. 13, los  
resultados que se pueden visualizar en la tabla N° 37

**Tabla N° 36:** Resultados del ensayo de peso unitario compactado del agregado fino

<b>Peso unitario compactado del agregado fino (Densidad)</b>		
<b>N° de muestra</b>	<b>Unid.</b>	<b>Agregado fino</b>
PU – 04	$kg/m^3$	1,446.14
PU – 05	$kg/m^3$	1,440.43
PU – 06	$kg/m^3$	1,444.24
<b>Promedio</b>	$kg/m^3$	1,443.60

**Fuente:** Elaboración propia. En el anexo A. 13 se detalla este ensayo.

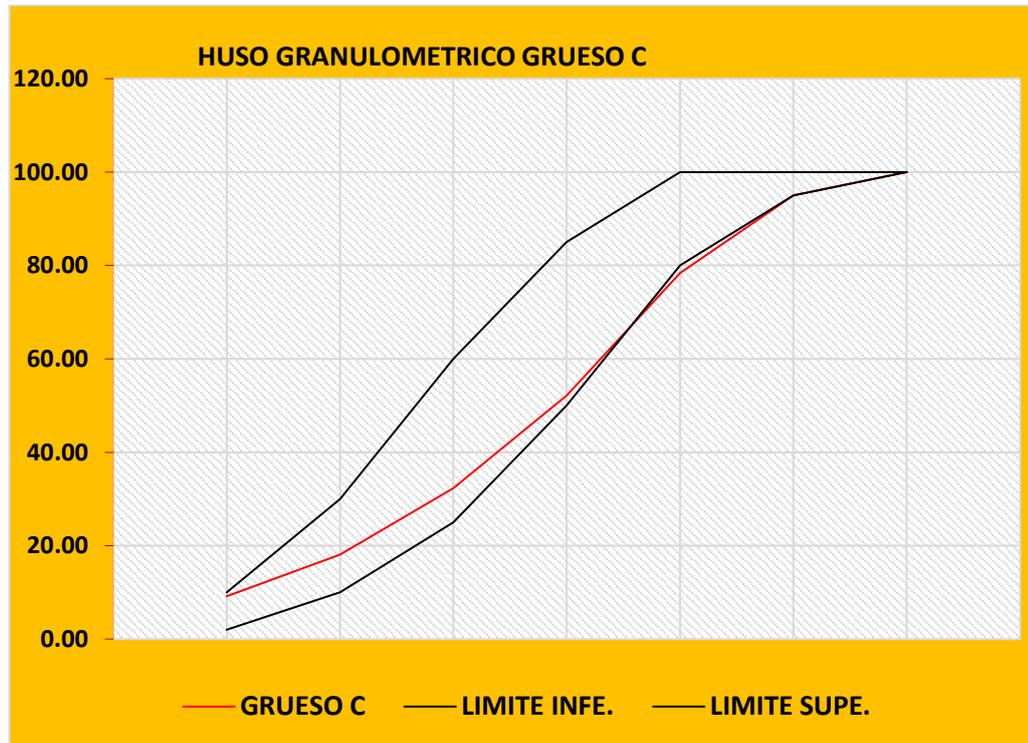
**a. Análisis granulométrico** (NTP 400.012:2001 Agregados).

A efectos de poder tener una población más representativa se optó por  
realizar 3 pruebas para poder tener un mayor estudio en cuanto al análisis  
granulométrico, con el fin de poder tabular dicha información y poder obtener  
puntos de comparación. En las figuras 26, 27 y 28 se muestran las curvas  
granulométricas de los 3 ensayos que se realizaron, para efectos más

detallados se tienen los anexos 4, 5 y 6, donde se tiene más a detalle cada uno de dichos ensayos.

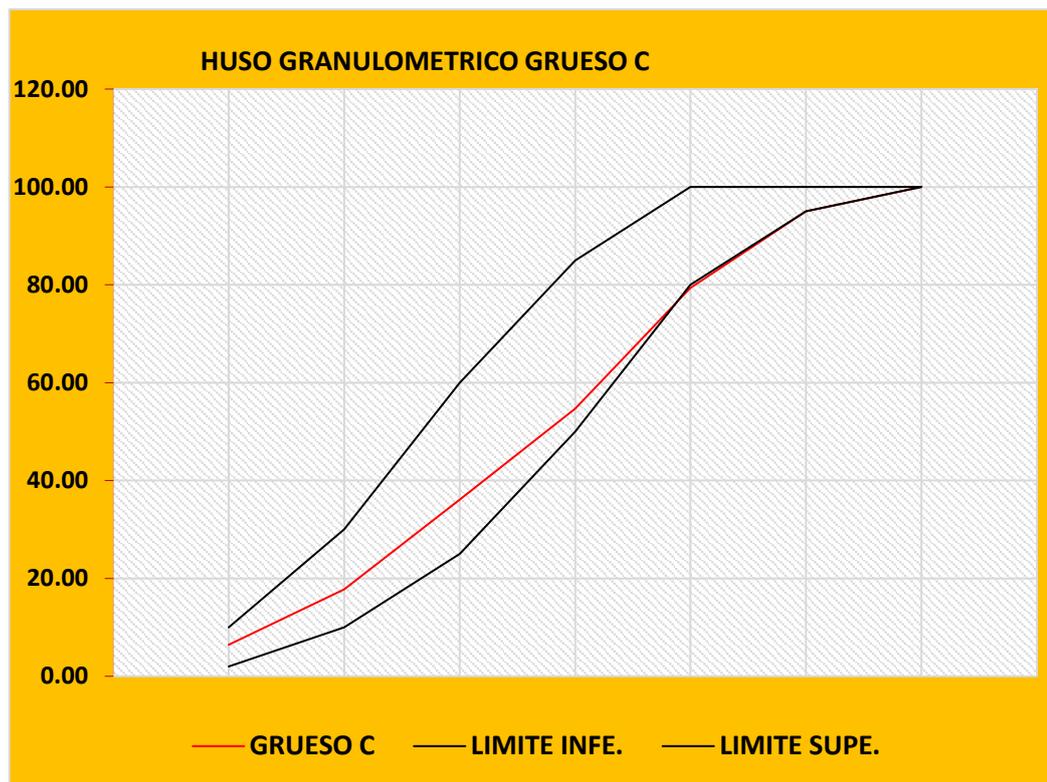
- **Resultados**

**Figura N° 26:** Curva granulométrica agregado fino (muestra 01)



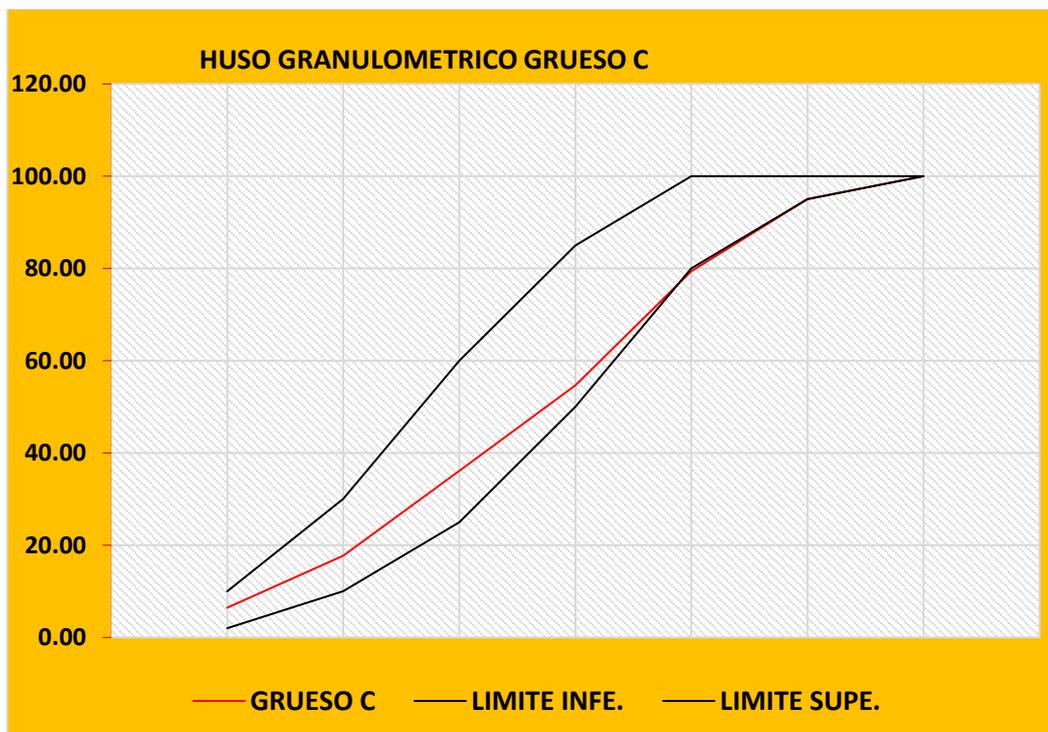
**Fuente:** *Elaboración propia. En el anexo A. 4 se detalla este ensayo*

**Figura N° 27:** Curva granulométrica agregado fino (muestra 02)



**Fuente:** Elaboración propia. En el anexo A. 5 se detalla este ensayo.

**Figura N° 28:** Curva granulométrica agregado fino (muestra 03)



**Fuente:** Elaboración propia. En el anexo A. 6 se detalla este ensayo.

### 3.4.3. Agua

#### 3.4.3.1. Propiedades químicas del Agua

**Tabla N° 37: Propiedades químicas del agua**

	Agua potable para el diseño de mezclas (ppm) ( <b>real</b> )	Agua para el diseño (ppm). ( <b>referencial</b> )
<b>Contenido de cloruros</b>	295.18	300
<b>Contenido de sulfatos</b>	183.12	300
<b>Carbonato de calcio</b>	141.58	---
<b>PH</b>	8.55	Mayor a 7

**Fuente:** Elaborado por el equipo de trabajo.

**Interpretación**.- Los resultados obtenidos de la muestra de agua en comparación con la norma ASTM (tabla N° 2 del marco teórico), cumple todos los requisitos, pero cabe resaltar que el contenido de cloruros está muy cerca al máximo valor permitido, así como también el PH (grado de acidez) es mayor a 7 pero menor a 8.

### 3.4.4. Fibras de polipropileno.

#### 3.4.4.1. Características técnicas de la Sika fiber force PP-48

**Tabla N° 38: Características técnicas**

<b>Características técnicas de la fibra de polipropileno (48 mm)</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad.</b>	<b>Cantidad</b>
Largo de la fibra.	mm	48.00
Ancho de la fibra.	mm	1.2855
Espesor de la fibra.	mm	0.3325

**Fuente:** Tabla N° 3.

Siendo la longitud de la fibra sika fiber force PP 48, el más próximo a cumplir lo especificado en la tabla N° 40; cumpliendo todas las especificaciones recomendadas. Con el fin de corroborar se procedió al estudio con la siguiente fibra en producción, la cual es: **sika fiber force PP 60**, el cual se emplearía si el T.N.M. fuese de 1".

**Tabla N° 39: Longitud de fibra.**

T.N.M.		Longitud de la fibra.	
(pulg.)	(mm.)	(pulg.)	(mm.)
1/2"	13	1 1/2"	38
3/4"	19	2 1/4"	54
1"	+25	2 1/2"	60

Fuente: *Tabla N° 15.*

### 3.5. Diseño de mezclas

#### 3.5.1. Características y propiedades de los materiales.

Mediante los ensayos de laboratorio de los agregados (grueso y fino) realizados por el Bach. Edwin C. ESTOFANERO HUAMAN en la Facultad de Ingeniería Civil & Arquitectura de la UNA-P en su tesis: "Análisis de las propiedades del concreto fresco y endurecido, para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en la avenida Huancané - Juliaca"

##### a. Los Agregados:

**Tabla N° 40: Características físicas de los agregados**

Descripción	Unid.	Agregado grueso	Agregado fino
Peso específico de masa	$Kg/m^3$	2,540.00	2,550.00
Peso seco suelto	$Kg/m^3$	1,526.80	1,270.85
Peso seco compactado	$Kg/m^3$	1,755.13	1,443.60
Absorción	%	1.86	1.99
Contenido de humedad	%	0.58	0.89
Módulo de fineza	-	7.42	3.02
Tamaño nominal máximo	Pulg.	3/4"	-

Fuente: *Elaboración propia.*

##### b. El Cemento

Se utilizara cemento portland **RUMI** tipo **IP** con peso específico de 3.15 kg/m<sup>3</sup>.

### c. El Agua

Se utilizó agua potable suministrada por e.p.s. seda juliaca.

### d. Las Fibras

Se utilizó la macro-fibra sika fiber force PP 48 mm, para cuatro dosificaciones distintas, las cuales son: 4600 g/m<sup>3</sup>, 7000 g/m<sup>3</sup>, 9000 g/m<sup>3</sup> y 12,000 g/m<sup>3</sup>.

## 3.5.2. Procedimiento en el diseño de la mezcla método: ACI 211.1

### a. Seleccionar, la resistencia requerida (resistencia promedio).

Para el cálculo de la resistencia promedio se utilizó la tabla N° 41:

**Tabla N° 41:** Resistencia promedio

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Sobre 350	$f'c + 98$

**Fuente:** Extraído de Enrique riva lopez, “diseño de mezclas”. (p. 57)

En tal sentido, para una resistencia a la compresión de  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>, se considerara un factor de +84, alcanzando una resistencia promedio de  $f'cr = 364$  Kg/cm<sup>2</sup>.

### b. Seleccionar, el TMN del agregado grueso.

El TMN, según la longitud de la fibra es 3/4”, con un tamaño máximo de 1”.

### c. Selección del asentamiento (consistencia)

En la tabla N° 42, muestra valores de asentamientos según el tipo de concreto

**Tabla N° 42:** Asentamiento según el tipo de estructura

Tipo de estructura	Asentamiento máximo**	Asentamiento mínimo
--------------------	-----------------------	---------------------



Columnas	4"	2"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: Tabla N° 8. (p. 60)

Se ha considerado realizar el diseño de mezclas, priorizando la trabajabilidad, determinada según la tabla N° 42 para tal sentido se optará por una consistencia de 2".

d. Selección del volumen unitario de agua.

Para tal efecto, se considera la tabla N° 43.

Tabla N° 43: Requerimientos aproximados de agua de mezclado

Asentamiento	Agua, en l/m <sup>3</sup> , para los TMN del agregado grueso y consistencia							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concretos sin Aire Incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-

Fuente: Tabla N° 9, (p.60)

En tal sentido, a fin de garantizar la trabajabilidad se consideró un asentamiento (revenimiento) de 1" a 2", y de TMN de 3/4", con esos datos de obtuvo un volumen unitario de 190 l/m<sup>3</sup>.

e. Selección del contenido de aire.

Para tal fin, visualizamos la tabla N° 44, y con el TMN determinamos el adecuado.

Tabla N° 44: Contenido de aire atrapado

Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
-----------------------------------	-----------------------------------



<b>Tamaño máximo nominal</b>	<b>Contenido de aire atrapado</b>	<b>Contenido total de aire</b>
1/2"	2.5%	7.0%
3/4"	2.0%	6.0%
1"	1.5%	5.0%

**Fuente:** *Tabla N° 10, (p. 61)*

Con la tabla N° 44 se pudo determinar el contenido de aire en este caso sería de **2.0%**.

**f. Cálculo de la relación agua/cemento.**

Para tal cálculo será requerida la tabla N° 45.

**Tabla N° 45:** *Relación agua/cemento, por resistencia*

$f_{cr}^t = kg/cm^2$ a los 28 días	<b>Relación a/c de diseño en peso</b>	
	<b>Concreto sin aire incorporado</b>	<b>Concreto con aire incorporado</b>
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53

**Fuente:** *Tabla N° 11. (p.61)*

Tabulamos con referencia a los valores de la tabla N° 45,

dónde tiene por resistencia promedio:  $f'_{cr} = 364 \text{ Kg/cm}^2$

400	.....	0.43
364	.....	X
350	.....	0.48

Dónde:  $x=0.47$

Para un resultado más apropiado, la tabla N° 46, nos referencia algunas consideraciones de la relación a/c, para garantizar su durabilidad.



**Tabla N° 46: Relación a/c**

Condiciones de exposición	Rel. a/c máxima para agregados de peso normal	Para una f'c mínimo en concreto con agregado liviano
<b>Concretos de baja permeabilidad</b>		
- Expuesto a agua dulce	0.50	
- Expuesto a agua de mar	0.45	260
- Expuesto a aguas cloacales	0.45	

**Fuente:** *Tabla N° 12. (p. 62)*

Contrastamos con la tabla N° 47, con el fin de definir la relación a/c.

**Tabla N° 47: Máxima relación a/c**

Tipo de estructura	Estructura que están expuestas a congelamiento y deshielo.	Estructuras expuestas al agua de mar o sulfatos.
Cualquier tipo de estructura.	0.45	0.40**

**Fuente:** *Tabla N° 13. (p. 62)*

Considerando el efecto que podría causar el agua, principalmente en la zona de estudio, se establece **0.45** como a/c.

#### g. Factor cemento

$$FC = \frac{\text{Vol. Unitario de agua}}{\text{Relacion a/c}} = \frac{190.00}{0.45} = 422.22 \text{ kg/m}^3$$

#### h. Cálculo del peso del agregado grueso

Para calcular el peso del agregado grueso utilizando la tabla N° 48.

**Tabla N° 48:** *Volumen de agregado grueso por volumen de concreto.*

TMN del agregado grueso	Volumen de agregados grueso, seco y compactado (*) por unidades de volumen de concreto.			
	Módulo de fineza de agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65

**Fuente:** *Tabla N° 14, (p. 63)*

El peso del agregado grueso será  $0.60 * 1,755.13 = 1056.88$  kg.

**i. Cálculo del volumen absoluto excluyendo al agregado fino**

Determinamos los volúmenes unitarios de los componentes del concreto:

Descripción	Formula		
❖ Vol. unitario del cemento	$= \frac{\text{Factor cemento}}{\text{P.E. del cemento}}$	$= \frac{422.22 \text{ kg/m}^3}{3,150.00 \text{ kg/m}^3}$	= 0.134
❖ Vol. unitario del agua	$= \frac{\text{Vol. Unit. agua.}}{\text{P.E. del agua}}$	$= \frac{190.00 \text{ l/m}^3}{1,000.00 \text{ kg/m}^3}$	= 0.190
❖ Vol. unitario del (AG)	$= \frac{\text{Peso del agregado}}{\text{P.E. del (AG)}}$	$= \frac{1,056.88 \text{ kg/m}^3}{2,540.00 \text{ kg/m}^3}$	= 0.416
❖ Vol. unitario de aire.	$=$	$\% \text{ de aire atrapado} = 2\%$	= 0.020
<b>Volumen unitario parcial</b>			<b>= 0.760</b>

**j. Cálculo del agregado fino. (Método de volúmenes absolutos).**

❖ *Vol. Absoluto del (AF) =*

*Vol. Total. – Vol. Unitario Parcial.*

❖ *Vol. Absoluto del (AF) = 1 – 0.760*



$$\rightarrow \text{Vol. Absoluto del (AF)} = 0.240$$

**k. Cálculo de los pesos secos del agregado fino**

$$\diamond \text{ Peso Seco del (AF)} = \text{Vol. abs. del (AF)} *$$

$$P.E. \text{ del (AF)}$$

$$\rightarrow \text{Peso Seco del (AF)} = 0.240 * 2,550.00 = 612.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\rightarrow \text{Peso Seco del (AF)} = 612.00 \text{ kg/m}^3$$

**l. Diseño de mezcla en estado seco**

**Tabla N° 49: Diseño de mezcla en estado seco**

Presentación en estado seco	
Material	Peso seco/m3
Cemento	422.22 kg
Agua	190.00 lts
Agregado fino	612.00 kg
Agregado grueso	1,056.88 kg

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

**m. Ajuste por contenido humedad de los agregados.**

Leyenda

$$\therefore \text{Humedad} = w$$

$$\therefore \text{Absorción} = a$$

$$\therefore \text{Peso del agregado fino seco en (kg)} = PS_{af}$$

$$\therefore \text{Peso del agregado grueso seco en (kg)} = PS_{ag}$$

$$\therefore \text{Contenido de humedad del agregado fino} = W_{af}\%$$

$$\therefore \text{Contenido de humedad del agregado grueso} = W_{ag}\%$$

➤ Agregado Fino.

$$\text{Peso del (AF) húmedo (kg)} = [PS_{af}] * W_{af}\%$$



$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Peso del (AF) húmedo (kg)} &= 612.00 * \left[1 + \frac{0.89}{100}\right] \\ &= 617.447 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Agregado Grueso.

$$\text{Peso del (AG) húmedo (kg)} = [PS_{ag}] * W_{ag}\%$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Peso del (AG) húmedo (kg)} \\ &= 1,056.88 * \left[1 + \frac{0.58}{100}\right] = 1,063.010 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Agua efectiva.

*Agua efectiva*

$$\begin{aligned} &= \text{Agua de diseño} - [PS_{af} \left(\frac{w - a}{100}\right) \\ &+ PS_{ag} \left(\frac{w - a}{100}\right)] \end{aligned}$$

*Agua efectiva*

$$\begin{aligned} &= 190 - [612 * \left(\frac{0.89 - 1.99}{100}\right) \\ &+ 1,056.88 \left(\frac{0.58 - 1.86}{100}\right)] \end{aligned}$$

*Agua efectiva = 210.26 Litros*

**Tabla N° 50: Diseño de mezcla en estado húmedo**

<b>Presentación en estado húmedo</b>	
<b>Material</b>	<b>Peso húmedo/m3</b>
Cemento	422.222 kg
Agua	210.260 lts
Agregado fino	617.447 kg
Agregado grueso	1,063.010 kg

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

**n. Otros: adición de fibras de polipropileno**

La dosificación de fibras de polipropileno no requiere modificaciones al diseño por humedad, ya que la composición isotrópica de la fibra, no altera el normal trabajo de la mezcla con las condiciones de diseño iniciales.

### 3.5.3. Ensayos del concreto en estado fresco

#### 3.5.3.1. Ensayo de asentamiento (NTP 339.035.)

**Figura N° 29:** *Ensayo de asentamiento, cono de Abrams*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

Los resultados se encuentran detallados en la tabla N° 51.

**Tabla N° 51:** *Datos de asentamiento para los grupos de control*

Descripción	fecha de moldeo	Mediciones Tomadas			Asentamiento en el cono de abrams	
		1°	2°	3°	Promedio cm	(")
CN	26/11/2021	5.36	5.30	5.42	5.36	<b>2.11</b>
CFPP- 4.60 kg/m <sup>3</sup>	29/11/2021	5.18	5.14	5.27	5.20	<b>2.05</b>
CFPP- 7.00 kg/m <sup>3</sup>	29/11/2021	5.11	5.05	5.15	5.10	<b>2.01</b>
CFPP- 9.00 kg/m <sup>3</sup>	30/11/2021	4.45	4.40	4.36	4.40	<b>1.73</b>
CFPP- 12.00 kg/m <sup>3</sup>	30/11/2021	4.23	4.18	4.16	4.19	<b>1.65</b>

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

### 3.5.3.2. Elaboración de probetas

Se procede a la elaboración de probetas cilíndricas de concreto, en base en la normativa de ASTM C31 / C31M – 03A cuyas medidas son de 6” de diámetro y 12” de altura. El vaciado se realizó en 3 capas iguales con 25 golpes distribuidos en cada una, ello con el fin de evitar vacíos en las probetas, el apisonado se realizó con una varilla lisa de 5/8”, realizando el siguiente procedimiento:

**Figura N° 30:** *Mezclado de materiales*



*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.*

### 3.5.4. Ensayos del concreto en estado Plástico

#### 3.5.4.1. *Evaluación de fisuras por retracción plástica en laboratorio (ASTM 1579)*

Para el ensayo se tuvo que realizar con las condiciones ambientales de la ciudad de Juliaca en el mes de junio del año 2022 según el reporte de SENAMHI, se tuvo una temperatura ambiente = 21°C, contando con un viento de velocidad = 1.9 m/s, humedad relativa = 24% y una temperatura del concreto = 28°C +/- 2°C, con el fin de llegar a la temperatura adecuada en el concreto se tuvo que mezclar con agua a 58°C. Las dimensiones del molde fue 370 mm por 570 mm y 50 mm de espesor, según lo especifica el estudio.

Llegando a controlar hasta que ya no haya nuevas fisuras y hasta que la fisura no se extienda más.

#### **3.5.4.2. Evaluación de fisuras por retracción plástica en campo**

Las dimensiones consideradas son según lo indica el ensayo de: de 1.50 m por 1.50 m. con una temperatura ambiental de 19°C, velocidad del viento 4.6 m/s.

#### **3.5.5. Ensayos del concreto en estado Endurecido**

##### **3.5.5.1. Curado de especímenes de Concreto**

**Figura N° 31:** *Proceso de curado de briquetas*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

### 3.5.5.2. Ensayo de resistencia a la Compresión

**Figura N° 32:** Prensa para rotura de probetas y colocado de briqueta



**Fuente:** Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.5.5.3. Ensayo de resistencia al Impacto

Es posible analizar el aporte de las fibras al impacto, debido a que mayor cantidad de fibras, soportan mayores impactos, siendo uno de los más representativos la dosificación de 12 kg/m<sup>3</sup>, donde se tuvo que realizar el doble de impactos, para poder fracturar la briqueta.

**Tabla N° 52:** Resistencia al impacto

Descripción	Resistencia al impacto (RI)		
	Número de impactos		
	Primera Grieta (RIPG)	Última Grieta (RIU)	Diferencia (RIPG-RIU)
CN	549	553	4
CFPP- 4.60 kg/m <sup>3</sup>	794	908	114
CFPP- 7.00 kg/m <sup>3</sup>	815	971	156
CFPP- 9.00 kg/m <sup>3</sup>	900	1392	492
CFPP- 12.00 kg/m <sup>3</sup>	1107	2765	1658

**Fuente:** Elaborado por el equipo de trabajo.

**Figura N° 33:** Testigo “CN” (izq. primera grieta, der. última grieta)



**Fuente:** Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.6. Diseño de la carpeta Asfáltica de un pavimento rígido

Con el objetivo de optimizar el peralte efectivo (carpeta asfáltica) del pavimento rígido diseñaremos el espesor, utilizando el concreto normal y el concreto con fibras de polipropileno.

### 3.7. Parámetros de diseño (Metodología AASHTO 93)

#### 3.7.1. Periodo de diseño

**Tabla N° 53:** *Períodos de análisis*

Tipo de vía	Periodo de análisis
Urbana de alto volumen de tráfico	30 – 50 años
Rural de alto volumen de tráfico	20 – 50 años

**Fuente:** Extraído de guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”

En ese sentido asumiremos un periodo de diseño variable e igual a 30 años.

### 3.7.2. Índice de Serviciabilidad

**Tabla N° 54:** Índice de serviciabilidad

Índice de serviciabilidad	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena

**Fuente:** Extraído de guía para el diseño estructural de pavimentos AASHTO 1993

#### 3.7.2.1. Índice de serviciabilidad inicial ( $P_i$ )

- Pavimentos rígidos  $P_i = 4.5$ .

#### 3.7.2.2. Índice de Serviciabilidad Final ( $P_t$ )

- Carreteras principales  $P_t = 2.5$  ó  $3.0$ .

$$\Delta PSI = P_i - P_t$$

$$P_i = 4.5 \text{ para pavimentos rígidos}$$

$$P_t = 2.5 \text{ carreteras principales}$$

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.5 = 2.0 \quad \rightarrow \Delta PSI = 2.0$$

#### 3.7.3. Factor de Confiabilidad (R)

**Tabla N° 55:** Valores del nivel de confianza R, de acuerdo al tipo de camino

Tipo de camino	Zonas urbanas	Zonas rurales
Rutas interestatales y autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias/carreteras principales	80 - 99	75 - 95

**Fuente:** Extraído de AASHTO, guide for design of pavement structures 1993

**Tabla N° 56:** Niveles de confiabilidad sugeridos

Tipo de pavimento	Confiabilidad (R)
Autopistas	90%
Urbanas principales	55%

**Fuente:** Extraído de AASHTO, guide for design of pavement structures 1993.

**Tabla N° 57: Factores de desviación normal**

Confiabilidad	Zr*	Confiabilidad	Zr*
80	-0.841	90	-1.282
<b>85</b>	<b>-1.037</b>	92	-1.405

**Fuente:** *Extraído de guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.*

Teniendo en cuenta las tablas N° 55 y N° 56, se adoptara un nivel de confiabilidad de  $R = 0.85$ , obteniendo una desviación estándar  $ZR = -1.037$  según la tabla N° 57.

### 3.7.4. Error estándar Combinado (SO)

- Para pavimentos rígidos  $0.30 < S_0 < 0.40$

$$\rightarrow S_0 = 0.35$$

### 3.7.5. Coeficiente de transferencia de carga. (J)

**Tabla N° 58: Coeficiente de transferencia de carga**

Arcén	Asfalto		Concreto	
	SI	NO	SI	NO
Dispositivos de transferencia de carga				
<b>Tipo de pavimento</b>				
Simple o con refuerzo	3.2	3.8 – 4.4	<b>2.5 – 3.1</b>	3.6 – 4.2

**Fuente:** *Extraído de guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”*

Para considerar un coeficiente de transferencia:  $J = 3.1$  según la tabla N° 58.

### 3.7.6. Coeficiente de Drenaje (CD)

**Tabla N° 59: Calidad de drenaje**

Calidad del drenaje	Agua removida en
Excelente	2 horas
<b>Bueno</b>	<b>1 día</b>

**Fuente:** *Extraído de guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”*

Se puede apreciar en la tabla N° 60, el % del tiempo a lo largo de un año:

**Tabla N° 60:** *Valores recomendados del coeficiente de drenaje*

Calidad del drenaje Cd	Porcentaje de tiempo al cual está expuesta la estructura del pavimento a niveles de humedad próxima a la saturación			
	Menor del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Mayor del 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
<b>Bueno</b>	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	<b>1.00</b>
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90

**Fuente:** *Extraído de Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”*

Para el estudio:

$$Cd = 1.00$$

### 3.7.7. Tránsito ESAL'S

#### 3.7.7.1. Aforo vehicular

##### a. Ubicación de la zona de conteo de vehículos.

La ubicación exacta de la zona de estudio, es la avenida Huancané tramo (Av. Circunvalación este – Jr. Francisco Bolognesi), que atraviesa las urbanizaciones; San Francisco, Santa Rosa, Amistad, Kantutani, Tres de Octubre, Tambopata, Independencia, ampliación Independencia, Colmena del Rio, Los Ángeles Ciudad Nueva, Señor de Imarucos, Santa Zoraida, Colonia Moheña, ampliación Colonia Moheña, Santa Zaragoza, dicha vía está ubicada en la zona noreste de la ciudad de Juliaca. La vía considerada se encuentra dentro de los siguientes linderos:

- **Por el Nor-Este:** San Francisco, Amistad, Kantutani, Independencia, ampliación Independencia, Los Ángeles Ciudad Nueva, Señor de Imarucos, Santa Zoraida, ampliación Colonia Moheña.
- **Por el Sur-Este:** Santa Rosa, Tres de Octubre, Tambopata, Colmena del Rio, Colonia Moheña, Santa Zaragoza.

##### b. Accesibilidad

La avenida Huancané, tramo (Av. Circunvalación Este – Jr. Francisco Bolognesi) se encuentra ubicado en la zona nor-este de la ciudad de Juliaca, específicamente en colindancia con el distrito de San Miguel, específicamente a 2000 metros Plaza de Armas de Juliaca y a 800 metros de distancia desde el Plaza de Armas del distrito de San Miguel.

Se consideraron dos puntos, teniendo en cuenta la ubicación, ya que ambos puntos se encuentran distribuidos, tanto al inicio del estudio, como en el final del mismo, en tal sentido para poder obtener un conteo más preciso, se procedió a la observación de las cámaras de seguridad, colocadas por la misma entidad, para tal sentido, se presentó una solicitud de colaboración para que en encargado de la supervisión de las cámaras de seguridad nos pueda facilitar dichas grabaciones, donde el encargado nos lo facilitó en un lapso de 10 días hábiles, una vez presentado la solicitud, en tal sentido las cámaras están ubicadas en:

- La intersección de la av. huancané con la Av. circunvalación. (punto inicial)
- La intersección del av. huancané con el Av. Robles. (punto final)

**Figura N° 34:** *Delimitación del área de estudio*



**Fuente:** <http://www.google.com> > maps.

Los días en que se realizó el conteo del flujo vehicular fueron desde el lunes 7 hasta el domingo 13 de marzo del presente año.

Los datos del conteo vehicular se presentan en las tablas N° 61 al 67.

Se presenta en la tabla N° 68, el resumen, del lunes (07/03/2022) al domingo (13/03/2022).

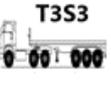
**Tabla N° 61: Hoja N° 01, control del tránsito vehicular (promedio)**

<b>Lunes (07/03/2022)</b>									
Día de aforo	Autos	Camionetas		Camiones		Ómnibus	Remolque	Total	%
		A PICKUP	Rural Combi	B C2	C C3	C B3	T3S3		
Intervalos de hora									
00:00 - 01:00	2	-	-	-	-	-	-	2	0.03
01:00 - 02:00	8	-	-	-	-	-	-	8	0.13
02:00 - 03:00	6	-	-	-	-	-	-	6	0.10
03:00 - 04:00	18	1	2	-	2	1	-	24	0.39
04:00 - 05:00	85	1	12	-	5	-	-	103	1.65
05:00 - 06:00	138	3	34	-	15	2	2	194	3.11
06:00 - 07:00	246	11	55	4	21	-	4	341	5.47
07:00 - 08:00	323	14	94	9	29	4	2	475	7.62
08:00 - 09:00	287	15	77	17	36	2	1	435	6.98
09:00 - 10:00	256	14	67	11	45	5	5	403	6.47
10:00 - 11:00	281	2	42	9	30	1	2	367	5.89
11:00 - 12:00	192	1	58	14	37	3	-	305	4.89
12:00 - 13:00	247	13	81	16	46	2	4	409	6.56
13:00 - 14:00	289	11	72	12	39	2	3	428	6.87
14:00 - 15:00	240	7	47	14	42	4	6	360	5.78
15:00 - 16:00	192	4	51	14	37	6	7	311	4.99
16:00 - 17:00	230	9	43	11	41	4	4	342	5.49
17:00 - 18:00	324	13	68	9	35	5	1	455	7.30
18:00 - 19:00	343	17	84	10	19	4	4	481	7.72
19:00 - 20:00	224	13	78	15	11	3	-	344	5.52
20:00 - 21:00	171	6	67	-	5	-	-	249	3.99
21:00 - 22:00	103	4	25	-	2	1	-	135	2.17
22:00 - 23:00	44	1	9	-	-	-	-	54	0.87
23:00 - 24:00	2	-	-	-	-	-	-	2	0.03
<b>Total</b>	<b>4,251</b>	<b>160</b>	<b>1,066</b>	<b>165</b>	<b>497</b>	<b>48</b>	<b>45</b>		
<b>Total</b>				<b>6,233</b>				<b>100 %</b>	

**Fuente:** Municipalidad Provincial de San Roman/ Ofi. Seguridad. (Aforo Vehicular)

**Tabla N° 62: Hoja N° 02, control del tránsito vehicular (promedio)**

**Martes (08/03/2022)**

Día de aforo	Autos	Camionetas		Camiones		Ómnibus	Remolque	Total	%
		A		B		C			
		PICKUP 	Rural Combi 	C2 	C3 	B3 	T3S3 		
00:00 - 01:00	-	-	-	-	-	-	-	0	0.00
01:00 - 02:00	3	-	-	-	-	-	-	3	0.07
02:00 - 03:00	2	-	-	-	-	-	-	2	0.05
03:00 - 04:00	8	1	2	1	1	-	-	13	0.32
04:00 - 05:00	46	1	8	-	4	-	1	60	1.46
05:00 - 06:00	88	3	24	1	11	3	1	131	3.19
06:00 - 07:00	152	8	41	2	16	1	3	223	5.43
07:00 - 08:00	168	14	76	5	22	5	4	294	7.16
08:00 - 09:00	149	15	57	9	29	3	2	264	6.43
09:00 - 10:00	118	11	43	7	36	3	3	221	5.38
10:00 - 11:00	161	3	34	10	24	2	2	236	5.75
11:00 - 12:00	132	2	36	11	31	4	2	218	5.31
12:00 - 13:00	167	5	59	14	38	1	-	284	6.92
13:00 - 14:00	139	3	48	11	41	2	2	246	5.99
14:00 - 15:00	155	7	34	8	34	4	4	246	5.99
15:00 - 16:00	128	5	38	10	29	5	4	219	5.34
16:00 - 17:00	99	9	37	6	35	4	6	196	4.78
17:00 - 18:00	161	15	51	5	28	4	2	266	6.48
18:00 - 19:00	172	18	64	6	19	5	3	287	6.99
19:00 - 20:00	194	11	59	7	9	2	1	283	6.90
20:00 - 21:00	161	8	36	-	5	1	-	211	5.14
21:00 - 22:00	103	5	15	-	-	2	-	125	3.05
22:00 - 23:00	67	2	4	-	-	-	-	73	1.78
23:00 - 24:00	3	-	-	-	-	-	-	3	0.07
<b>Total</b>	<b>2,576</b>	<b>146</b>	<b>766</b>	<b>113</b>	<b>412</b>	<b>51</b>	<b>40</b>		
<b>Total</b>		<b>4,104</b>				<b>100 %</b>			

Fuente: Municipalidad Provincial de San Roman/ Ofi. Seguridad. (Aforo Vehicular)

**Tabla N° 63: Hoja N° 03, control del tránsito vehicular (promedio)**

**Miércoles (09/03/2022)**

Día de aforo	Autos	Camionetas		Camiones		Ómnibus	Remolque	Total	%
		A	B	C					
		PICKUP	Rural Combi	C2	C3	B3	T3S3		
Intervalos de hora									
00:00 - 01:00	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
01:00 - 02:00	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
02:00 - 03:00	1	-	-	-	-	-	-	1	0.03
03:00 - 04:00	12	1	-	-	2	-	-	15	0.38
04:00 - 05:00	25	2	2	-	2	-	-	31	0.78
05:00 - 06:00	93	1	21	-	8	3	3	129	3.26
06:00 - 07:00	137	5	45	2	17	3	1	210	5.31
07:00 - 08:00	142	12	69	7	19	4	5	258	6.53
08:00 - 09:00	159	14	52	8	31	2	3	269	6.80
09:00 - 10:00	103	8	42	10	37	5	4	209	5.29
10:00 - 11:00	145	6	38	6	23	2	1	221	5.59
11:00 - 12:00	118	4	31	9	35	3	3	203	5.14
12:00 - 13:00	147	9	52	7	34	4	2	255	6.45
13:00 - 14:00	128	6	42	8	37	3	2	226	5.72
14:00 - 15:00	149	2	28	9	32	4	5	229	5.79
15:00 - 16:00	136	7	39	11	28	2	3	226	5.72
16:00 - 17:00	119	8	37	12	32	2	5	215	5.44
17:00 - 18:00	141	16	53	7	24	5	1	247	6.25
18:00 - 19:00	163	19	60	9	21	3	4	279	7.06
19:00 - 20:00	187	14	49	10	7	3	2	272	6.88
20:00 - 21:00	192	5	25	-	3	1	1	227	5.74
21:00 - 22:00	112	3	19	-	-	-	1	135	3.42
22:00 - 23:00	87	1	-	-	-	-	-	88	2.23
23:00 - 24:00	8	-	-	-	-	-	-	8	0.20
<b>Total</b>	<b>2,504</b>	<b>143</b>	<b>704</b>	<b>115</b>	<b>392</b>	<b>49</b>	<b>46</b>		
<b>Total</b>		<b>3,953</b>				<b>100%</b>			

Fuente: Municipalidad Provincial de San Roman/ Ofi. Seguridad. (Aforo Vehicular)

**Tabla N° 64: Hoja N° 04, control del tránsito vehicular (promedio)**

**Jueves (10/03/2022)**

Día de aforo	Autos	Camionetas		Camiones		Ómnibus	Remolque	Total	%
		A	B	C					
Intervalos de hora		PICKUP 	Rural Combi 	C2 	C3 	B3 	T3S3 		
00:00 - 01:00	1	-	-	-	-	-	-	1	0.02
01:00 - 02:00	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
02:00 - 03:00	3	1	1	-	-	-	-	5	0.10
03:00 - 04:00	25	2	2	-	3	-	1	33	0.64
04:00 - 05:00	48	1	14	1	3	1	2	70	1.37
05:00 - 06:00	124	3	31	2	17	4	3	184	3.59
06:00 - 07:00	172	9	48	3	20	2	4	258	5.03
07:00 - 08:00	225	11	87	9	31	6	6	375	7.31
08:00 - 09:00	189	14	71	14	38	4	2	332	6.48
09:00 - 10:00	156	13	58	16	41	6	5	295	5.75
10:00 - 11:00	167	5	43	13	29	5	5	267	5.21
11:00 - 12:00	105	2	52	10	33	3	1	206	4.02
12:00 - 13:00	195	8	77	11	39	1	3	334	6.51
13:00 - 14:00	232	14	65	13	35	5	5	369	7.20
14:00 - 15:00	155	5	40	14	39	5	4	262	5.11
15:00 - 16:00	183	7	45	12	40	3	4	294	5.73
16:00 - 17:00	194	11	38	14	34	4	3	298	5.81
17:00 - 18:00	214	19	62	11	30	4	2	342	6.67
18:00 - 19:00	241	17	79	12	15	2	4	370	7.22
19:00 - 20:00	184	13	67	10	10	2	3	289	5.64
20:00 - 21:00	187	4	49	4	4	-	2	250	4.88
21:00 - 22:00	129	2	36	-	2	1	1	171	3.34
22:00 - 23:00	117	-	-	-	-	-	-	117	2.28
23:00 - 24:00	5	-	-	-	-	-	-	5	0.10
<b>Total</b>	<b>3,251</b>	<b>161</b>	<b>965</b>	<b>169</b>	<b>463</b>	<b>58</b>	<b>60</b>		
<b>Total</b>		<b>5,127</b>				<b>100%</b>			

Fuente: Municipalidad Provincial de San Roman/ Ofi. Seguridad. (Aforo Vehicular)

**Tabla N° 65: Hoja N° 05, control del tránsito vehicular (promedio)**

**Viernes (11/03/2022)**

Día de aforo	Autos	Camionetas		Camiones		Ómnibus	Remolque	Total	%	
	A			B	C					
		PICKUP 	Rural Combi 	C2 	C3 	B3 	T3S3 			
Intervalos de hora										
00:00 - 01:00	2	-	-	-	-	-	-	2	0.05	
01:00 - 02:00	1	-	-	-	-	-	-	1	0.02	
02:00 - 03:00	-	-	-	-	-	-	-	0	0.00	
03:00 - 04:00	6	-	-	-	2	1	1	10	0.23	
04:00 - 05:00	35	-	7	-	3	1	1	47	1.09	
05:00 - 06:00	86	4	22	1	9	2	2	126	2.92	
06:00 - 07:00	168	9	43	1	12	1	2	236	5.48	
07:00 - 08:00	174	16	79	12	16	3	4	304	7.05	
08:00 - 09:00	155	14	61	10	27	5	3	275	6.38	
09:00 - 10:00	123	13	47	8	37	6	4	238	5.52	
10:00 - 11:00	171	4	31	11	28	2	5	252	5.85	
11:00 - 12:00	141	2	39	7	36	1	2	228	5.29	
12:00 - 13:00	178	12	65	14	40	-	4	313	7.26	
13:00 - 14:00	152	9	47	15	36	4	6	269	6.24	
14:00 - 15:00	168	7	40	13	31	2	5	266	6.17	
15:00 - 16:00	135	6	35	10	30	3	5	224	5.20	
16:00 - 17:00	112	9	39	8	33	5	2	208	4.83	
17:00 - 18:00	171	17	48	9	31	2	3	281	6.52	
18:00 - 19:00	183	16	61	4	16	4	2	286	6.64	
19:00 - 20:00	202	14	63	2	12	1	4	298	6.91	
20:00 - 21:00	176	10	48	1	4	2	3	244	5.66	
21:00 - 22:00	118	3	21	-	1	1	-	144	3.34	
22:00 - 23:00	54	-	1	-	-	-	-	55	1.28	
23:00 - 24:00	3	-	-	-	-	-	-	3	0.07	
<b>Total</b>	2,714	165	797	126	404	46	58			
<b>Total</b>	<b>4,310</b>				<b>100%</b>					

Fuente: Municipalidad Provincial de San Roman/ Ofi. Seguridad. (Aforo Vehicular)

**Tabla N° 66:** Hoja N° 06, control del tránsito vehicular (promedio)

**Sábado (12/03/2022)**

Día de aforo	Autos	Camionetas		Camiones		Ómnibus	Remolque	Total	%	
	A			B	C					
		PICKUP 	Rural Combi 	C2 	C3 	B3 	T3S3 			
Intervalos de hora										
00:00 - 01:00	3	-	-	-	-	-	-	3	0.09	
01:00 - 02:00	4	-	-	-	-	-	-	4	0.12	
02:00 - 03:00	6	-	-	-	-	-	-	6	0.18	
03:00 - 04:00	32	-	-	-	-	2	-	34	1.01	
04:00 - 05:00	63	1	2	-	1	-	2	69	2.05	
05:00 - 06:00	94	3	25	-	3	1	2	128	3.80	
06:00 - 07:00	122	6	42	-	8	3	3	184	5.46	
07:00 - 08:00	141	14	64	3	21	4	3	250	7.41	
08:00 - 09:00	137	15	47	14	27	3	5	248	7.35	
09:00 - 10:00	153	11	47	15	31	3	2	262	7.77	
10:00 - 11:00	126	5	42	11	25	4	3	216	6.41	
11:00 - 12:00	116	6	29	8	29	4	5	197	5.84	
12:00 - 13:00	155	8	55	6	31	5	4	264	7.83	
13:00 - 14:00	172	7	39	9	21	2	2	252	7.47	
14:00 - 15:00	95	5	32	3	8	1	3	147	4.36	
15:00 - 16:00	83	5	47	2	20	2	2	161	4.77	
16:00 - 17:00	74	7	40	1	12	1	-	135	4.00	
17:00 - 18:00	93	12	48	-	6	1	1	161	4.77	
18:00 - 19:00	116	10	54	-	8	3	2	193	5.72	
19:00 - 20:00	132	11	44	1	7	1	2	198	5.87	
20:00 - 21:00	76	3	25	-	6	-	2	112	3.32	
21:00 - 22:00	58	1	21	-	-	1	1	82	2.43	
22:00 - 23:00	62	1	-	-	-	-	-	63	1.87	
23:00 - 24:00	3	-	-	-	-	-	-	3	0.09	
<b>Total</b>	2,116	131	703	73	264	41	44			
<b>Total</b>	<b>3,372</b>				<b>100%</b>					

Fuente: Municipalidad Provincial de San Roman/ Ofi. Seguridad. (Aforo Vehicular)

**Tabla N° 67: Hoja N° 07, control del tránsito vehicular (promedio)**

**DOMINGO (13/03/2022)**

Día de aforo	Autos	Camionetas		Camiones		Ómnibus	Remolque	Total	%
		A	B	C					
		PICKUP	Rural Combi	C2	C3				
00:00 - 01:00	4	1	-	-	-	-	-	5	0.12
01:00 - 02:00	7	-	-	-	-	-	-	7	0.16
02:00 - 03:00	9	2	2	-	-	-	-	13	0.30
03:00 - 04:00	22	1	2	-	3	1	1	30	0.69
04:00 - 05:00	51	3	14	1	7	2	1	79	1.82
05:00 - 06:00	114	4	32	3	11	2	3	169	3.90
06:00 - 07:00	183	10	59	5	20	1	2	280	6.47
07:00 - 08:00	205	16	102	11	21	5	4	364	8.40
08:00 - 09:00	229	12	90	16	16	2	3	368	8.50
09:00 - 10:00	192	14	76	18	35	4	5	344	7.94
10:00 - 11:00	234	13	65	23	36	5	5	381	8.80
11:00 - 12:00	182	16	59	19	37	4	6	323	7.46
12:00 - 13:00	217	19	78	16	26	3	4	363	8.38
13:00 - 14:00	129	11	49	11	15	4	3	222	5.13
14:00 - 15:00	85	6	42	8	12	4	4	161	3.72
15:00 - 16:00	93	5	38	6	17	2	1	162	3.74
16:00 - 17:00	64	11	45	9	11	2	2	144	3.32
17:00 - 18:00	113	9	60	11	8	2	1	204	4.71
18:00 - 19:00	136	10	65	11	10	1	2	235	5.43
19:00 - 20:00	122	11	52	5	7	1	1	199	4.59
20:00 - 21:00	84	7	41	-	-	-	1	133	3.07
21:00 - 22:00	48	5	32	-	-	-	-	85	1.96
22:00 - 23:00	53	1	2	-	-	-	-	56	1.29
23:00 - 24:00	2	2	-	-	-	-	-	4	0.09
<b>Total</b>	<b>2,578</b>	<b>189</b>	<b>1,005</b>	<b>173</b>	<b>292</b>	<b>45</b>	<b>49</b>		
<b>Total</b>		<b>4,331</b>						<b>100%</b>	

Fuente: Municipalidad Provincial de San Roman/ Ofi. Seguridad. (Aforo Vehicular)

**3.7.7.2. Determinación del tránsito promedio diario anual TPDA**

El cálculo de la TPDA se hace a partir del TPDS. Con tal fin se presenta en la tabla N° 68, los resultados obtenidos en una semana de estudio.

**Tabla N° 68:** Resumen de aforo vehicular del lunes (07/03/22) al domingo (13/03/22)

Día de aforo	A			B		C		Total	%
	Autos	Camionetas		Camiones		Ómnibus	Remolque		
Intervalos de hora		PICKUP 	Rural Combi 	C2 	C3 	B3 	T3S3 		
Lunes	4,251	160	1,066	165	497	48	45	<b>6,232</b>	19.83%
Martes	2,576	146	766	113	412	51	40	<b>4,104</b>	13.06%
Miercoles	2,504	143	704	115	392	49	46	<b>3,953</b>	12.58%
Jueves	3,251	161	965	169	463	58	60	<b>5,127</b>	16.31%
Viernes	2,714	165	797	126	404	46	58	<b>4,310</b>	13.71%
Sabado	2,116	131	703	73	264	41	44	<b>3,372</b>	10.73%
Domingo	2,578	189	1,005	173	292	45	49	<b>4,331</b>	13.78%
<b>Total</b>	<b>19,990</b>	<b>1,095</b>	<b>6,006</b>	<b>934</b>	<b>2,724</b>	<b>338</b>	<b>342</b>	<b>31,429</b>	-
%	63.60 %	3.48 %	19.11 %	2.97 %	8.67 %	1.08 %	1.09 %	-	-
%		86.19%		2.97%		10.84%			

**Fuente:** Elaborado por el equipo de trabajo. (Aforo Vehicular)

La tabla N° 68, nos referencia más claramente la distribución vehicular en nuestro punto de conteo de la siguiente manera:

- A = Vehículos livianos (**automóviles, camionetas, micros, combis**)
- B = Vehículos semipesados [camiones (**C2**), minibuses (**B2**)].
- C = Vehículos pesados (camiones, volquetes (**B3**), volvos (**B3**), semi trayler, trayler, remolque, ómnibus (**B3**).

Del cual se determina el **TPDS**, que es un total de 7 de días.

$$TPDS = \frac{\text{total acumulado de vehículos}}{7}$$

Remplazando datos, se obtiene el valor del **TPDS**.

$$TPDS = \frac{31,429.00}{7} = 4,633$$

**TPDS = 4,632.714 (vehículos/días de aforo vehicular)**

Según el AASHTO se va a distribuir el número tala de vehículos, con el fin de calcular el TPDS, según la carga.

**Tabla N° 69:** *Resumen de flujo vehicular diario*

Tipo de veh.	TPDS	%	Vol. De Veh.
A	4,633	86.19%	3,993
B	4,633	2.97%	138
C	4,633	10.84%	502

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

**a. Cálculo del TPDA**

Remplazando datos para carreteras principales urbanas:

K: Representa al nivel al nivel de confiabilidad deseada, a fin de garantizar el adecuado funcionamiento en tal sentido se esta optando por una confiabilidad del 90% y 95% y que tienen constantes de  $K = 1.64$  y  $1.95$ .

- $K = 1.64$
- $N = 365$  días
- $n = 7$  días (Lunes a Domingo)
- $TPDS = 4,633$  vehículos/día.

Haciendo uso de la tabla N° 69 (resumen del aforo vehicular).

**Tabla N° 70:** *Resumen de aforo vehicular*

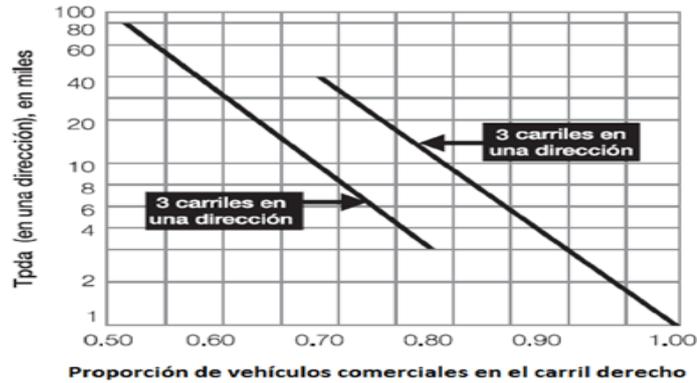
Días de aforo	Total de Veh (TDi)=(Xi)	TPDS	Tdi- TPDS	(Tdi- TPDS)^2
Lunes (07/03/22)	6,232	4,633	1,599	2,556,801
Martes (08/03/22)	4,104	4,633	-529	279,841
Miércoles (09/03/22)	3,953	4,633	-680	462,400
Jueves (10/03/22)	5,127	4,633	494	244,036
Viernes (11/03/22)	4,310	4,633	-323	104,329
Sábado (12/03/22)	3,372	4,633	-1,261	1,590,121
Domingo (13/03/22)	4,331	4,633	-302	91,204
<b>Total</b>	<b>31,429</b>			<b>5'328,732</b>

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

### b. Factor de sentido (FS) y factor de carril (FC).

Se debe analizar el número de carriles por sentido mediante el factor de carril, para lo cual se recomienda utilizar la figura N° 35.

**Figura N° 35:** *Proporción de vehículos comerciales en el carril derecho*



**Fuente:** *Montejo (2008), ingeniería de pavimentos, p.*

*422.*

En la Av. Huancane del Tramo [Av. circunvalación (primer anillo) - Jr. Francisco Pizarro], en mención se determina que solo se cuenta con doble carril en ambas direcciones y/o sentidos, siendo esta la capacidad de la vía al tránsito vehicular que pasa, entonces el **Factor de Carril (FC) = 0.50**.

**c. Factor de proyección. (FP).**

**Tabla N° 71: Parque automotor del Perú, según departamentos**

Departamento	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2012	2013	2016	Tasa promedio anual
<b>Total</b>	<b>1'209,006</b>	<b>1'252,006</b>	<b>1'290,471</b>	<b>1'305,233</b>	<b>1'349,510</b>	<b>1'379,671</b>	<b>1'442,387</b>	<b>1'550,948</b>	<b>1'732,834</b>	<b>2'137,837</b>	<b>2'240,469</b>	<b>2'661,719</b>	4.8
Amazonas	1,590	1,777	2,019	2,768	3,349	3,684	3,720	3,742	2,292	2,400	2,520	2,850	5.0
Ancash	18,980	19,884	20,714	20,613	20,849	21,069	21,642	22,263	21,309	25,418	26,678	33,542	5.0
Apurímac	2,946	3,407	3,747	3,896	4,143	4,367	4,395	4,404	3,973	4,039	4,238	4,355	4.9
Arequipa	72,885	75,769	78,025	78,033	79,676	80,617	84,167	91,028	98,270	134,533	141,037	187,929	4.8
Ayacucho	3,770	4,193	4,558	4,658	4,974	5,177	5,338	6,567	5,572	5,941	6,231	6,312	4.9
Cajamarca	7,368	8,201	9,113	10,311	12,228	13,435	14,377	15,450	13,563	19,673	20,696	22,486	5.2
Cuzco	32,412	35,867	38,030	38,068	39,222	40,139	41,453	43,474	42,175	53,675	56,295	73,997	4.9
Huancavelica	911	957	1,047	1,092	1,208	1,314	1,332	1,439	1,291	1,323	1,386	1,412	4.8
Huánuco	10,818	11,192	11,624	11,847	12,269	12,526	12,555	12,890	11,382	13,476	14,112	15,563	4.7
Ica	21,837	22,751	23,649	23,538	24,008	24,256	24,566	26,868	25,691	26,551	27,756	28,491	4.5
Junín	42,553	43,973	45,545	45,713	46,746	47,256	48,840	50,466	49,404	56,237	58,949	67,049	4.8
La Libertad	40,119	41,454	42,837	43,339	45,325	46,465	48,946	53,141	156,646	167,325	175,248	190,073	4.7
Lambayeque	36,245	37,157	38,315	39,314	41,528	42,649	43,764	45,687	43,689	53,902	56,532	68,261	4.9
Lima y Callao	802,748	825,198	846,227	854,549	880,699	898,106	943,051	1,022,864	1'106,444	1'395,576	1'462,143	1'752,919	4.8
Loreto	5,510	5,542	5,610	5,825	6,170	6,489	6,404	6,359	5,089	5,313	5,573	5,495	4.9
Madre de Dios	630	654	695	771	881	975	1,014	1,053	941	1,062	1,115	984	5.0
Moquegua	8,258	8,508	8,773	8,979	9,428	9,716	10,754	11,552	12,692	14,608	15,316	16,530	4.8
Pasco	3,822	4,134	4,387	4,551	4,789	4,952	5,525	6,269	7,187	7,238	7,589	7,862	4.9
Piura	29,844	30,272	31,157	31,394	32,738	34,181	34,630	35,774	34,650	42,404	44,464	55,060	4.9
<b>Puno</b>	<b>23,340</b>	<b>25,983</b>	<b>26,645</b>	<b>27,046</b>	<b>28,314</b>	<b>29,194</b>	<b>30,750</b>	<b>32,523</b>	<b>31,645</b>	<b>40,543</b>	<b>42,786</b>	<b>47,696</b>	<b>5.85</b>
San Martín	4,837	5,091	5,373	5,992	6,784	7,626	7,618	7,623	9,977	10,926	11,494	13,086	5.2
Tacna	28,557	30,554	32,366	32,256	32,466	32,513	34,442	36,398	38,457	44,430	46,499	49,382	4.7
Tumbes	2,842	2,874	2,954	3,243	3,801	4,242	4,236	4,213	3,054	3,257	3,420	3,920	5.0
Ucayali	6,184	6,614	7,061	7,437	7,915	8,723	8,868	8,901	7,441	7,987	8,393	8,912	5.1

**Fuente:** Extraído de MTC oficina general de planificación y presupuesto.

En la tabla N° 73, se puede calcular el factor de proyección, entre los años de 2001 y 2016.

Según los cálculos se opta por un valor de  $r = 5.85$

En tal sentido se asumirá 6 por las irregularidades en zonas respecto al tránsito vehicular.

**Tabla N° 72:** Tasa anual de crecimiento de tránsito ( $r$ )

Tasa anual de crecimiento del tráfico	Factor de proyección, 20 años	Factor de proyección, 30 años
5 1/2	1.7	2.2
6	1.8	2.4

**Fuente:** Alonso montejo (2008), ingeniería de pavimentos, (p. 422)

$$(FP) = 2.4.$$

#### d. Periodo de diseño (Pd)

30 años

#### e. Cálculo del tránsito acumulado

Por medio de la tabla N° 73 se realiza el cálculo del tránsito acumulado:

$$T \text{ Acumulado} = TPDA * \% \text{ de VC} * FS * FP * FC * Pd \\ * 365$$

**Tabla N° 73:** Datos para un tránsito acumulado

Tipo de veh.	TPDA	%	Factor sentido (fs)	Factor de proyección (fp)	Factor carril (fc)	Periodo de diseño (pd)	Días	T acumulado
A	5,212	86.19%	100%	2.4	0.50	30	365	29'513,904
B	5,212	2.97%	100%	2.4	0.50	30	365	1'017,012
C	5,212	10.84%	100%	2.4	0.50	30	365	3'711,924

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

Tránsito acumulado de vehículos comerciales = **4'728,936 vehículos.**

### 3.7.7.3. Cálculo del factor camión

#### a. Determinación del Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas

🍏 **Factor equivalente de carga (LEF, por sus siglas en inglés)**

$$LEF = \frac{N^{\circ} \text{ de ESALs de } 80 \text{ KN que produce una pérdida de serviciabilidad}}{N^{\circ} \text{ de ejes } \times \text{ KN que produce la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

🍏 **Factor camión (FC)**

**Tabla N° 74:** *Factores de equivalencia propuesto por MOPT-INGEROUTE.*

Tipo de vehículo	Mopt-Ingeroute
C-2 pequeño	1.4 Prom.
C-2 grande	
C-3	2.4
2S1	
C-4	3.67
3S1	
2S2	4.67
3S2	
3S3	5.00
Bus 2E	0.20
Bus >=3E	

**Fuente:** *Extraído de Montejo (2008), ingeniería de pavimentos. (p. 425)*

$$FC(\text{camiones}) = \frac{21 * 1.4 + 40 * 2.4 + 23 * 3.67 + 8 * 4.67 + 8 * 5}{21 + 40 + 23 + 8 + 8}$$

$$FC(\text{camiones}) = 2.87$$

$$FC(\text{vehículos comerciales}) = \frac{10.84 * 2.87 + 2.97 * 2.00}{10.87 + 2.97} = 2.68 \text{ (Factor Carril)}$$

### 🍏 Factor de carril

Para tal efecto se considera la tabla N° 75.

**Tabla N° 75:** Distribución del tránsito en función del número de carriles

N° de carriles en una dirección	%ESAL en carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

**Fuente:** Extraído de Alonso montejo fonseca, ingeniería de pavimentos.

el factor de carril (F Carril) = 0.70.

#### 3.7.7.4. Cálculo del número de ejes equivalentes (ESAL)

ESAL's

$$= TPDA \times \% \text{ de VC} \times FS \times F_{\text{carril}} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} \times FC$$

**Tabla N° 76:** Cálculo de ESAL's de diseño

Tipo de veh.	TPDA	%	Factor sentido (fs)	Factor carril (fcarril)	Periodo de diseño (n)	Tasa anual de crecimiento de tránsito (r)	$\frac{((1+r)^n - 1)}{\ln(1+r)}$	Días	Factor camión (F.C.)	ESAL
A	5,212	86.19%	100%	0.70	20	5.85%	38.32	365.00	0.00	0
B	5,212	2.97%	100%	0.70	20	5.85%	38.32	365.00	2.87	5.08915E+12
C	5,212	10.84%	100%	0.70	20	5.85%	38.32	365.00	2.87	1.85745E+13
$\Sigma$										2.37E+13

**Fuente:** Elaboración propia.

Donde el número de ejes equivalentes es; **ESAL = 2.37E+13**

**Tabla N° 77: Categorías de tránsito en función de la carga por eje.**

Categoría de carga por eje	Descripción	Tránsito			Máxima carga por eje (KN)	
		TPD (ADT)	TPDC (ADTT)		Ejes simples	Ejes tándem
			%	Diario		
1	- Calles residenciales carreteras rurales y secundarios.	200-800	1 - 3	Hasta 25	98	160
2	- Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (alto). - Calles, arterias y carreteras primarias (bajas).	700-5000	5-18	40-1000	115	195
3	- Calles, arterias y carreteras primarias (medio). - Vías expresas y autopistas urbanas e interestatales (bajo a medio).	3000-12000 (2 carriles) 3000 – 50000 + (4 carriles o más)	8 - 30	500 – 5000+	133	230
4	- Calles, arterias y carreteras primarias y vías expresas (alto). - Autopistas urbanas e interestatales (medio y alto).	3000-20000 (2 carriles) 3000 – 150000 + (4 carriles o más)	8 - 30	1500-8000+	151	267

Las descripciones; alto, medio y bajo se refieren al peso relativo de las cargas por eje para el tipo de calle o carretera. TPDC: Camiones de dos ejes, camiones de cuatro llantas excluidos.

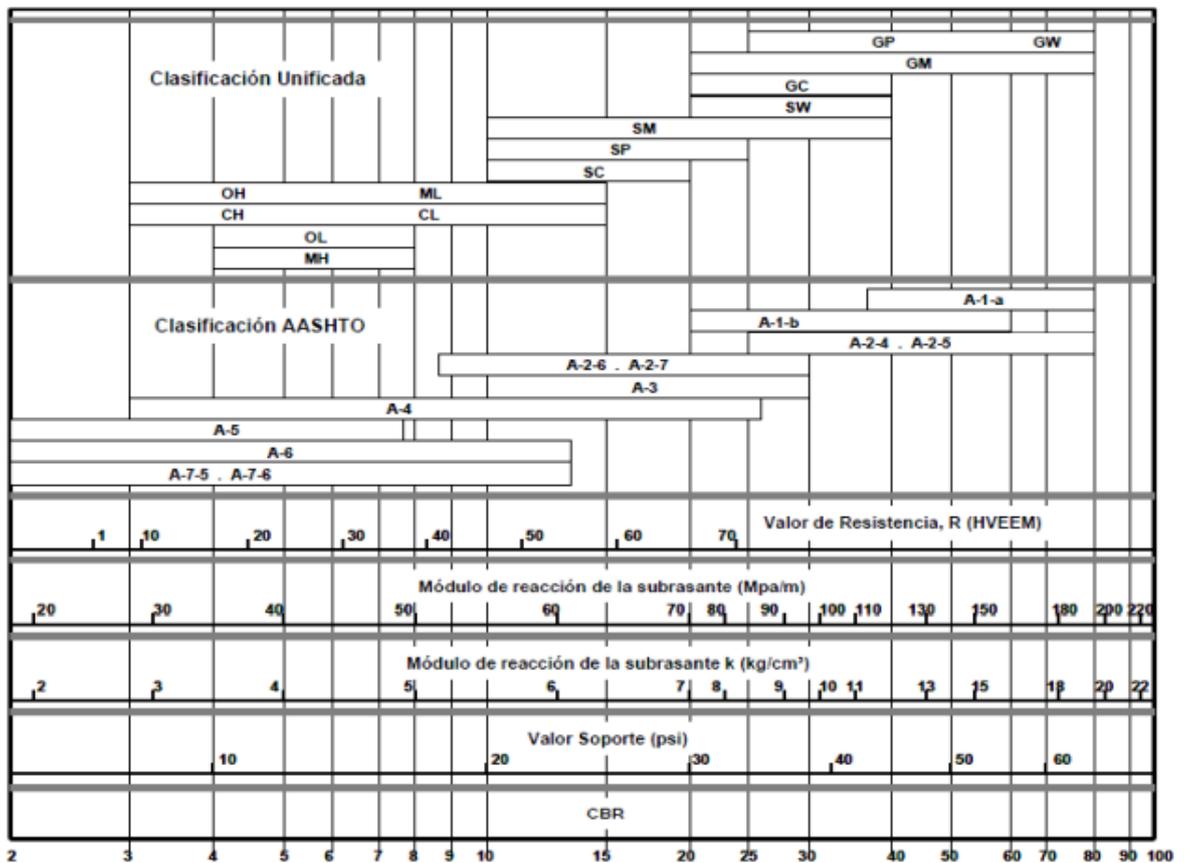
**Fuente:** *Extraído de Alonso Montejo Fonseca, Ingeniería de Pavimentos.*

**a. Determinación de la categoría de tránsito**

De la tabla N° 77: se determina la **categoría N°. 03** que le corresponde al tránsito.

### 3.7.8. Módulo de reacción de la subrasante. (K)

Figura N° 36: Abaco para determinar el CBR



Fuente: Extraído de Isidro (2018), (p. 120)

Según la figura N° 36, para un calcular un valor referencial a fines descriptivos del CBR=38.1%(referencial), se obtiene aproximadamente:

$$k = 112 \frac{MPa}{m} * \frac{145.0377}{1MPa} * \frac{1m}{100cm} * \frac{2.54cm}{1 pulg.}$$

$$k = 412 \text{ psi (referencial)}$$

### 3.7.9. Módulo de elasticidad del concreto.

$$S'c = 32\sqrt{f'c} \quad (\text{psi})$$

**Tabla N° 78: Módulo de rotura**

Tipo de pavimento	S'c recomendado	
	Kg/cm2	Psi
Urbanos principales	45	640.1
Urbanos secundarios	42	597.4

**Fuente:** Extraído de guía para el diseño estructural de pavimentos AASHTO 1993

$$S'_c = 32\sqrt{280} = 535.46 \text{ psi}$$

$$S'_c = 535.46 \text{ psi.}$$

### 3.7.10. Módulo de rotura del concreto (S'C)

Para concreto de peso normal, el instituto del concreto americano sugirió:

$$E_c = 15\,100 \times (f'_c)^{0.5} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$\rightarrow E_c = 15\,100 \times (f'_c)^{0.5}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow E_c &= 15\,100 \times (280)^{0.5} = 252,671.33 \text{ kg/cm}^2 \frac{14.2233 \text{ psi}}{1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \\ &= 3'593,820.1 \end{aligned}$$

$$\rightarrow E_c = 3.59 \times 10^6 \text{ psi}$$

### 3.7.11. Cálculo del espesor de la losa (D) (Método AASHTO 93)

$$\begin{aligned} \log(W_{18}) &= Z_R * S_o + 7.35 * \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right]}{1 + \frac{1.647 * 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32xp_t) \\ &\quad * \log\left[\frac{S'_c * C_d * (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0.25}}\right]}\right] \end{aligned}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} \checkmark \quad W_{18}(X_1) &= 282.59; \quad W_{18}(X_2) = 286.39; \quad W_{18}(X_3) = \\ &291.53; \quad W_{18}(X_4) = 296.05; \quad W_{18}(X_5) = 292.74. \end{aligned}$$

**Tabla N° 79:** *Calculo de espesor de losa*

Grupos de control	Diseño por AASHTO	
	20 años	30 años
CN 1	19.52	22.32
CFPP - 4.60 kg/m <sup>3</sup>	19.23	21.15
CFPP - 7.00 kg/m <sup>3</sup>	19.12	19.99
CFPP - 9.00 kg/m <sup>3</sup>	19.05	20.65
CFPP - 12.00 kg/m <sup>3</sup>	19.07	20.86

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

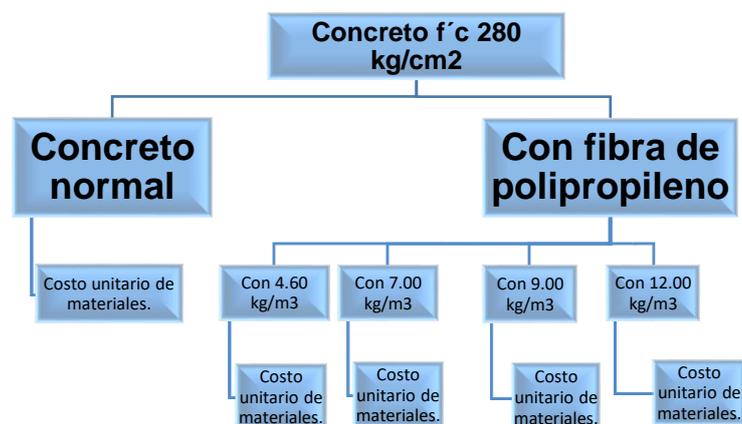
**Figura N° 37:** *Curado de briquetas*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

### 3.1.1.1. Determinación del costo unitario por m<sup>3</sup> concreto.

**Figura N° 38:** *Análisis para determinar el costo unitario por m<sup>3</sup>*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el capítulo, se presentan los resultados obtenidos en esta investigación con ayuda de tablas, gráficos y figuras, referenciándonos a la dosis de las fibras.

#### 4.1. Resultados de ensayos al concreto fresco

##### 4.1.1. Resultados del ensayo de consistencia

##### 4.1.1.1. Interpretación de resultados

Con el fin de medir la trabajabilidad se procedió a realizar el ensayo de asentamiento, brindándonos los siguientes resultados, expresados en la tabla N° 80.

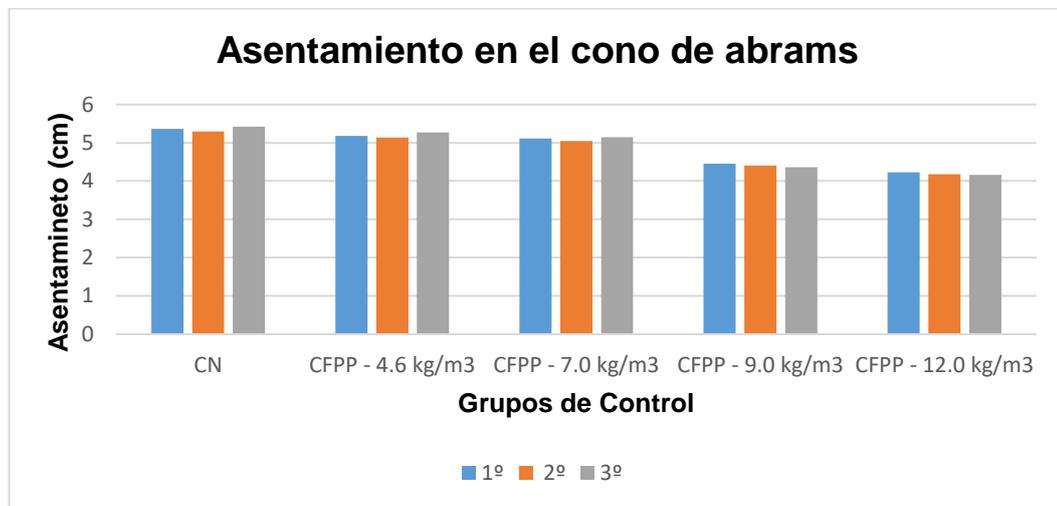
**Tabla N° 80:** *Datos de asentamiento para los grupos de control*

Descripción	Fecha de moldeo	Mediciones tomadas			Asentamiento en el cono de abrams	
		1°	2°	3°	Promedio cm	(")
CN	26/11/2021	5.36	5.30	5.42	5.36	<b>2.11</b>
CFPP- 4.60 kg/m <sup>3</sup>	29/11/2021	5.18	5.14	5.27	5.20	<b>2.05</b>
CFPP- 7.00 kg/m <sup>3</sup>	29/11/2021	5.11	5.05	5.15	5.10	<b>2.01</b>
CFPP- 9.00 kg/m <sup>3</sup>	30/11/2021	4.45	4.40	4.36	4.40	<b>1.73</b>
CFPP- 12.00 kg/m <sup>3</sup>	30/11/2021	4.23	4.18	4.16	4.19	<b>1.65</b>

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

Cumpliendo con el parámetro con el que fue diseñado comprendido entre 1" a 3", cumpliéndose así el asentamiento de diseño de mezcla (el cual garantiza una consistencia semi-plástica y adecuada trabajabilidad con un asentamiento de 2") y el asentamiento necesario para el diseño de pavimentos rígidos; teniendo como punto de partida la dosificación, ya que a mayor dosificación menor trabajabilidad, considerando además que dicho efecto fue anticipado por el proveedor de las fibras, el cual expresa una solución que permite ganar trabajabilidad, sin alterar la composición del concreto, simplemente, modificando al agua, sin alterar la relación a/c.

**Figura N° 39:** *Asentamiento en el cono de Abrams para los grupos de prueba*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

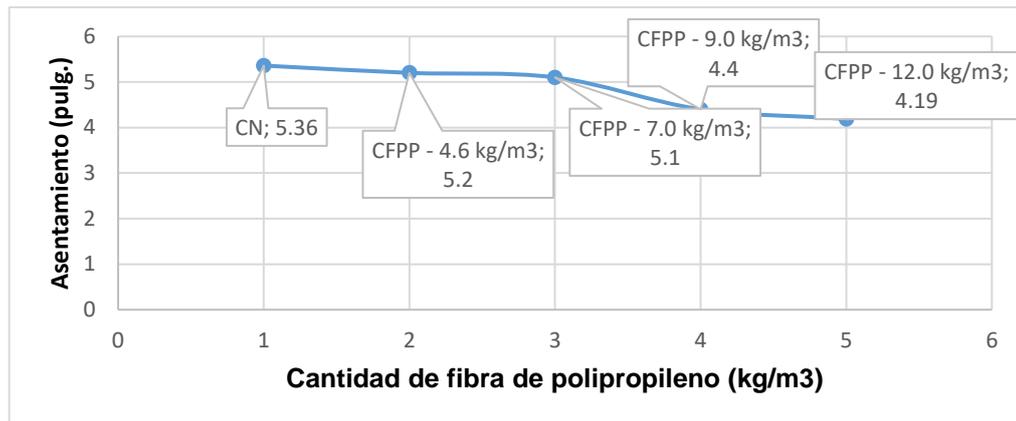
Analizando los datos de la figura N° 39, se puede deducir que:

- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 4.60 kg/m<sup>3</sup> “CFPP - 4.60”, se puede verificar que el asentamiento promedio es 2.05”, el cual ha disminuido en un 2.84%, respecto al asentamiento producido por el concreto tradicional “CN”.
- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 7.00 kg/m<sup>3</sup> “CFPP - 7.00”, se puede verificar que el asentamiento promedio es 2.01”, el cual ha disminuido en un 4.74%, respecto al al asentamiento producido por el concreto tradicional “CN”.
- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 9.00 kg/m<sup>3</sup> “CFPP-30”, se puede verificar que el asentamiento promedio es 1.73”, el cual ha disminuido en un 18.01%, respecto al concreto tradicional “CN”.
- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 12.00 kg/m<sup>3</sup> “CFPP - 12.00”, se puede verificar que el asentamiento promedio es

1.65”, el cual ha disminuido en un 21.80%, respecto al concreto tradicional “CN”.

Mediante la (figura N° 40) se podrá notar con mayor claridad la curva de correlación entre la dosificación de fibra de polipropileno concreto y las mediciones asentamiento en el cono de Abrams.

**Figura N° 40:** *Correlación de asentamiento en el cono de abrams.*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

#### 4.1.1.2. Discusión de resultados

Según los resultados de este ensayo, se concluye que la dosificación de fibras de polipropileno. En el concreto  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup> reduce considerablemente el asentamiento (trabajabilidad), (desde un 2.84 % hasta un 21.80 %), corroborando lo expresado en anteriores investigaciones, el incremento de la cantidad de fibra no mejora la trabajabilidad del concreto, al contrario a mayor cantidad la trabajabilidad disminuye, pero dentro de los límites planteados en el diseño.

#### 4.1.2. Resultados de ensayos de docilidad.

Se tuvo presente una adecuada dosificación tanto del agregado grueso, como del agregado fino, para poder obtener un concreto con una manejabilidad relativa, en tal sentido al momento del diseño de mezclas se optó por el método de volúmenes absolutos, debido a las ventajas que ofrecía este método, ya que se podría notar una mayor cantidad de agregado fino, siendo el agregado fino uno de los factores de mayor importancia en el diseño de “CFPP”, siendo una de las recomendaciones más relevantes: **“mayor contenido de agregado fino, mayor trabajabilidad”**.

#### 4.1.3. Resultados de ensayos al concreto plástico

##### 4.1.3.1. Evaluación de fisuras por retracción plástica en laboratorio.

La tabla N° 81, resume los resultados de este ensayo.

**Tabla N° 81:** *Características de las muestras*

Descripción	Fecha de ensayo	Número de fisuras		Ancho ponderado (mm)		Longitud total (cm)	
		M 01	M 02	M 01	M 02	M 01	M 02
CN	20/11/2022	11	10	0.48	0.51	72.41	76.86
CFPP- 4.60 kg/m <sup>3</sup>	20/11/2022	6	8	0.37	0.35	43.23	51.10
CFPP- 7.00 kg/m <sup>3</sup>	20/11/2022	4	6	0.26	0.28	35.47	33.64
CFPP- 9.00 kg/m <sup>3</sup>	20/11/2022	5	4	0.22	0.19	27.54	24.85
CFPP- 12.00 kg/m <sup>3</sup>	20/11/2022	3	4	0.08	0.10	14.55	16.42

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

La tabla N° 82, muestra resultados definitivos de los ensayos en laboratorio.

**Tabla N° 82:** *Resumen general de fisuración*

Descripción	Ancho promedio de fisura. (mm)	Reducción del ancho de fisura.	Densidad de longitud de fisura (cm/m <sup>2</sup> )	Densidad de cantidad de fisuras (N°/m <sup>2</sup> )
CN	0.50	-	355.41	50.00
CFPP- 4.60 kg/m <sup>3</sup>	0.36	28.00 %	224.60	33.33
CFPP- 7.00 kg/m <sup>3</sup>	0.27	46.00%	164.55	23.81
CFPP- 9.00 kg/m <sup>3</sup>	0.21	56.00%	124.74	21.43
CFPP- 12.00 kg/m <sup>3</sup>	0.09	82.00%	73.74	16.67

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

Para concretos con fibra de 48 mm en las dosis de 4.60, 7.00, 9.00 y 12.00 kg/m<sup>3</sup> los anchos promedios son de 0.36, 0.27, 0.21 y 0.09 mm respectivamente, generando una reducción del 28%, 46%, 56% y 82% de los mismos. Cumpliendo en lo planteado al momento de definir la dosificación de las fibras de POLIPROPILENO, ya que el fabricante recomendaba un máximo de 9 kg/m<sup>3</sup> de concreto, pero con fines académicos se probó una dosis adicional a fin de ver el comportamiento de la fibra al momento de someterse al estudio por fisuración, en tal sentido con una reducción de fisura del 82%, cumplió con lo planteado.

#### 4.1.3.2. Evaluación de fisuras por retracción plástica en campo

La tabla N° 83, resume los resultados de este ensayo.

**Tabla N° 83:** *Características de las muestras*

Descripción	fecha de ensayo	Número de fisuras		Ancho ponderado (mm)		Longitud total (cm)	
		M 01	M 02	M 01	M 02	M 01	M 02
CN	22/11/2022	7	5	0.37	0.33	15.02	12.10
CFPP- 4.60 kg/m <sup>3</sup>	22/11/2022	3	5	0.24	0.28	3.19	6.85
CFPP- 7.00 kg/m <sup>3</sup>	22/11/2022	3	2	0.15	0.19	3.11	2.27
CFPP- 9.00 kg/m <sup>3</sup>	22/11/2022	1	2	0.11	0.13	0.75	1.16
CFPP- 12.00 kg/m <sup>3</sup>	22/11/2022	-	-	Imperceptible		-	-

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

La tabla N° 84, muestra resultados definitivos de los ensayos en campo.

**Tabla N° 84: Resumen general de fisuración**

<b>Descripción</b>	<b>Ancho promedio de fisura. (mm)</b>	<b>Reducción del ancho de fisura.</b>	<b>Densidad de longitud de fisura (cm/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Densidad de cantidad de fisuras (N°/m<sup>2</sup>)</b>
CN	0.35	-	64.27	28.44
CFPP- 4.60 kg/m <sup>3</sup>	0.26	25.71 %	23.79	18.96
CFPP- 7.00 kg/m <sup>3</sup>	0.17	51.43%	12.74	11.85
CFPP- 9.00 kg/m <sup>3</sup>	0.12	65.71%	4.52	7.11
CFPP- 12.00 kg/m <sup>3</sup>	-	100.00%	-	-

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

Para concretos con fibra de 48 mm en las dosis de 4.60, 7.00, 9.00 y 12.00 kg/m<sup>3</sup> los anchos promedios son de 0.35, 0.26, 0.17 y 0.00 mm respectivamente, generando una reducción del 25.71%, 51.43%, 65.71% y 100% de los mismos. Para las dosis de 12.00 kg/m<sup>3</sup>, no se generaron fisuras, mejorando lo realizado en el laboratorio, y cumpliendo con la idea planteada al momento de definir las dosis de estudio.

## **4.2. Resultados de ensayos al concreto endurecido**

### **4.2.1. Resistencia a la compresión**

Se presenta a continuación la evolución de resistencia desde el día 7, día 14 y día 28; para todos los grupos de control “CN”, “CFPP - 4.60”, “CFPP - 7.00”, “CFPP - 9.00”, y “CFPP - 12.00”.

#### **4.2.1.1. Resistencia a la compresión a los 7 días**

Los estudios realizados en los laboratorios, a fin de obtener una resistencia a la compresión se presentan en la tabla N° 85, tanto para el concreto normal (CN), concreto con adición de fibra de polipropileno (CFPP) según su dosificación.

**Tabla N° 85: Datos de la resistencia a compresión a los 7 días**

N°	Descripción de la muestra	Carga		Ø	Area		Esf. Rotura		$f'_c$	Días	Prom. (%)
		kg	kg		Cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2			
01	Briqueta de Prueba 15.00 x 30.0 M-01 "Muestra de Patrón"	31,520.00	15.00	176.71	178.37				280.00	7	63.70%
02	Briqueta de Prueba 14.98 x 30.0 M-02 "Muestra de Patrón"	32,210.00	15.01	176.95	182.03	178.65	185.41	280	280.00	7	65.01%
03	Briqueta de Prueba 14.99 x 30.0 M-03 "Muestra de Patrón"	30,980.00	14.99	176.48	175.54						62.69%
04	Briqueta de Prueba 14.99 x 30.0 M-01 "Con Fibra de polipropileno 4,600 gr X 1m3"	33,470.00	14.99	176.48	189.65						67.73%
05	Briqueta de Prueba 15.01 x 30.0 M-02 "Con Fibra de polipropileno 4,600 gr X 1m3"	32,050.00	15.01	176.95	181.12	185.41	185.41	280	280	7	64.69%
06	Briqueta de Prueba 15.02 x 30.0 M-03 "Con Fibra de polipropileno 4,600 gr X 1m3"	32,860.00	15.02	177.19	185.45						66.23%
07	Briqueta de Prueba 15.03 x 30.0 M-01 "Con Fibra de polipropileno 7,000 gr X 1m3"	34,230.00	15.03	177.42	192.93						68.90%
08	Briqueta de Prueba 15.01 x 30.0 M-02 "Con Fibra de polipropileno 7,000 gr X 1m3"	33,740.00	15.01	176.95	190.68	193.42	193.42	280	280	7	68.10%
09	Briqueta de Prueba 14.98 x 30.0 M-03 "Con Fibra de polipropileno 7,000 gr X 1m3"	34,660.00	14.98	176.24	196.66						70.24%
10	Briqueta de Prueba 15.01 x 30.0 M-01 "Con Fibra de polipropileno 9,000 gr X 1m3"	34,160.00	15.02	177.19	192.79						68.85%
11	Briqueta de Prueba 14.99 x 30.0 M-02 "Con Fibra de polipropileno 9,000 gr X 1m3"	33,990.00	14.99	176.48	192.60	194.51	194.51	280	280	7	68.79%
12	Briqueta de Prueba 15.02 x 30.0 M-03 "Con Fibra de polipropileno 9,000 gr X 1m3"	35,110.00	15.02	177.19	198.15						70.77%
13	Briqueta de Prueba 15.02 x 30.0 M-01 "Con Fibra de polipropileno 12,000 gr X 1m3"	36,180.00	15.02	177.19	204.19						72.92%
14	Briqueta de Prueba 15.00 x 30.0 M-02 "Con Fibra de polipropileno 12,000 gr X 1m3"	35,770.00	15.00	176.71	202.42	204.28	204.28	280	280	7	72.29%
15	Briqueta de Prueba 15.03 x 30.0 M-03 "Con Fibra de polipropileno 12,000 gr X 1m3"	36,590.00	15.03	177.42	206.23						73.65%

**Fuente:** Elaborado por el equipo de trabajo.

#### 4.2.1.2. Resistencia a la compresión a los 14 días

Tabla N° 86: Datos de la resistencia a compresión a los 14 días

N°	Descripción de la muestra	Carga kg	∅ kg	Área Cm2	Esf. rotura Kg/cm2	Esf. rotura prom. Kg/cm2	$f'_c$ Kg/cm2	Días	(%)	Prom. (%)
01	Briqueta de Prueba 15.00 x 30.0 M-01 "Muestra de Patrón"	41,020.00	14.99	176.48	232.43				83.01%	
02	Briqueta de Prueba 14.98 x 30.0 M-02 "Muestra de Patrón"	39,980.00	15.00	176.71	226.25	232.46	280	14	80.80%	83.02%
03	Briqueta de Prueba 14.99 x 30.0 M-03 "Muestra de Patrón"	42,180.00	15.00	176.71	238.70				85.25%	
04	Briqueta de Prueba 14.99 x 30.0 M-01 "Con Fibra de polipropileno 4,600 gr X 1m3"	41,950.00	15.02	177.19	236.75				84.55%	
05	Briqueta de Prueba 15.01 x 30.0 M-02 "Con Fibra de polipropileno 4,600 gr X 1m3"	41,870.00	15.03	177.42	235.99	238.05	280	14	84.28%	85.02%
06	Briqueta de Prueba 15.02 x 30.0 M-03 "Con Fibra de polipropileno 4,600 gr X 1m3"	42,660.00	15.00	176.71	241.41				86.22%	
07	Briqueta de Prueba 15.03 x 30.0 M-01 "Con Fibra de polipropileno 7,000 gr X 1m3"	42,890.00	14.98	176.24	243.36				86.91%	
08	Briqueta de Prueba 15.01 x 30.0 M-02 "Con Fibra de polipropileno 7,000 gr X 1m3"	42,670.00	15.02	177.19	240.81	242.10	280	14	86.01%	86.46%
09	Briqueta de Prueba 14.98 x 30.0 M-03 "Con Fibra de polipropileno 7,000 gr X 1m3"	43,070.00	15.05	177.89	242.12				86.47%	
10	Briqueta de Prueba 15.01 x 30.0 M-01 "Con Fibra de polipropileno 9,000 gr X 1m3"	44,330.00	15.01	176.95	250.52				89.47%	
11	Briqueta de Prueba 14.99 x 30.0 M-02 "Con Fibra de polipropileno 9,000 gr X 1m3"	45,080.00	15.02	177.19	254.42	253.84	280	14	90.86%	90.66%
12	Briqueta de Prueba 15.02 x 30.0 M-03 "Con Fibra de polipropileno 9,000 gr X 1m3"	45,340.00	15.00	176.71	256.58				91.64%	
13	Briqueta de Prueba 15.02 x 30.0 M-01 "Con Fibra de polipropileno 12,000 gr X 1m3"	44,110.00	15.03	177.42	248.62				88.79%	
14	Briqueta de Prueba 15.00 x 30.0 M-02 "Con Fibra de polipropileno 12,000 gr X 1m3"	43,550.00	15.03	177.42	245.46	246.30	280	14	87.67%	87.96%
15	Briqueta de Prueba 15.03 x 30.0 M-03 "Con Fibra de polipropileno 12,000 gr X 1m3"	43,320.00	15.01	176.95	244.81				87.43%	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 4.2.1.3. Resistencia a la compresión a los 28 días

**Tabla N° 87: Datos de la resistencia a compresión a los 28 días**

N°	Descripción de la muestra	Carga kg	φ kg	Área		Esf. Rotura Kg/cm2	Esf. Rotura prom. Kg/cm2	f' c Kg/cm2	Días	Prom. (%)
				Cm2	Kg/cm2					
<b>01</b>	Briqueta de Prueba 15.00 x 30.0	49,810.00	14.95	175.54	283.75				28	<b>101.34%</b>
	M-01 "Muestra de Patrón"									
	Briqueta de Prueba 14.98 x 30.0									
<b>02</b>	Briqueta de Prueba 14.98 x 30.0	50,140.00	15.02	177.19	282.97				28	<b>101.06%</b>
	M-02 "Muestra de Patrón"									
	Briqueta de Prueba 14.99 x 30.0									
<b>03</b>	Briqueta de Prueba 14.99 x 30.0	49,470.00	14.97	176.01	281.06				28	<b>100.38%</b>
	M-03 "Muestra de Patrón"									
	Briqueta de Prueba 14.99 x 30.0									
<b>04</b>	Briqueta de Prueba 14.99 x 30.0	50,940.00	15.00	176.71	288.27				28	<b>102.95%</b>
	M-01 "Con Fibra de polipropileno 4,600 gr X 1m3"									
	Briqueta de Prueba 15.01 x 30.0									
<b>05</b>	Briqueta de Prueba 15.01 x 30.0	50,760.00	15.02	177.19	286.47				28	<b>102.31%</b>
	M-02 "Con Fibra de polipropileno 4,600 gr X 1m3"									
	Briqueta de Prueba 15.02 x 30.0									
<b>06</b>	Briqueta de Prueba 15.02 x 30.0	50,130.00	14.98	176.24	284.44				28	<b>101.59%</b>
	M-03 "Con Fibra de polipropileno 4,600 gr X 1m3"									
	Briqueta de Prueba 15.03 x 30.0									
<b>07</b>	Briqueta de Prueba 15.03 x 30.0	51,850.00	14.98	176.24	294.20				28	<b>105.07%</b>
	M-01 "Con Fibra de polipropileno 7,000 gr X 1m3"									
	Briqueta de Prueba 15.01 x 30.0									
<b>08</b>	Briqueta de Prueba 15.01 x 30.0	50,890.00	14.97	176.01	289.13				28	<b>103.26%</b>
	M-02 "Con Fibra de polipropileno 7,000 gr X 1m3"									
	Briqueta de Prueba 14.98 x 30.0									
<b>09</b>	Briqueta de Prueba 14.98 x 30.0	51,470.00	15.00	176.71	291.27				28	<b>104.02%</b>
	M-03 "Con Fibra de polipropileno 7,000 gr X 1m3"									
	Briqueta de Prueba 15.01 x 30.0									
<b>10</b>	Briqueta de Prueba 15.01 x 30.0	52,190.00	14.97	176.01	296.52				28	<b>105.90%</b>
	M-01 "Con Fibra de polipropileno 9,000 gr X 1m3"									
	Briqueta de Prueba 14.99 x 30.0									
<b>11</b>	Briqueta de Prueba 14.99 x 30.0	51,850.00	15.01	176.95	293.02				28	<b>104.65%</b>
	M-02 "Con Fibra de polipropileno 9,000 gr X 1m3"									
	Briqueta de Prueba 15.02 x 30.0									
<b>12</b>	Briqueta de Prueba 15.02 x 30.0	52,770.00	15.00	176.71	298.62				28	<b>106.65%</b>
	M-03 "Con Fibra de polipropileno 9,000 gr X 1m3"									
	Briqueta de Prueba 15.02 x 30.0									
<b>13</b>	Briqueta de Prueba 15.02 x 30.0	51,300.00	14.97	176.01	291.46				28	<b>104.09%</b>
	M-01 "Con Fibra de polipropileno 12,000 gr X 1m3"									
	Briqueta de Prueba 15.00 x 30.0									
<b>14</b>	Briqueta de Prueba 15.00 x 30.0	52,040.00	15.01	176.95	294.09				28	<b>105.03%</b>
	M-02 "Con Fibra de polipropileno 12,000 gr X 1m3"									
	Briqueta de Prueba 15.03 x 30.0									
<b>15</b>	Briqueta de Prueba 15.03 x 30.0	51,580.00	14.98	176.24	292.67				28	<b>104.52%</b>
	M-03 "Con Fibra de polipropileno 12,000 gr X 1m3"									
	Briqueta de Prueba 15.03 x 30.0									

**Fuente:** Elaborado por el equipo de trabajo.

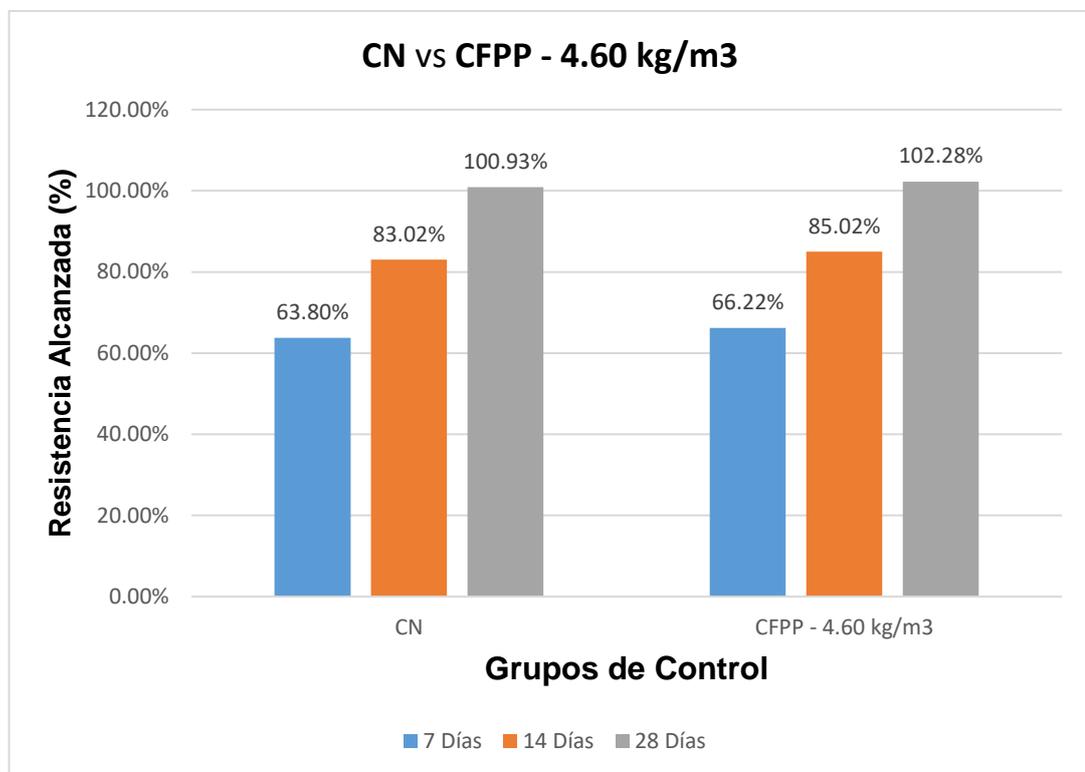
## 4.2.2. Comparación de la resistencia a compresión

### 4.2.2.1. Interpretación de datos: concreto normal “cn” - concreto con

#### fibra de polipropileno incorporada al 4.60 kg/m<sup>3</sup> “CFPP - 4.60”:

De acuerdo a las figuras N° 86, N° 87 y N° 88 se genera el siguiente GRÁFICO observando en desarrollo de la resistencia del concreto, con la adición de fibras de polipropileno, se observa que:

**Figura N° 41:** *Contrastación de resultados CFPP - 4.6 kg/m<sup>3</sup>*



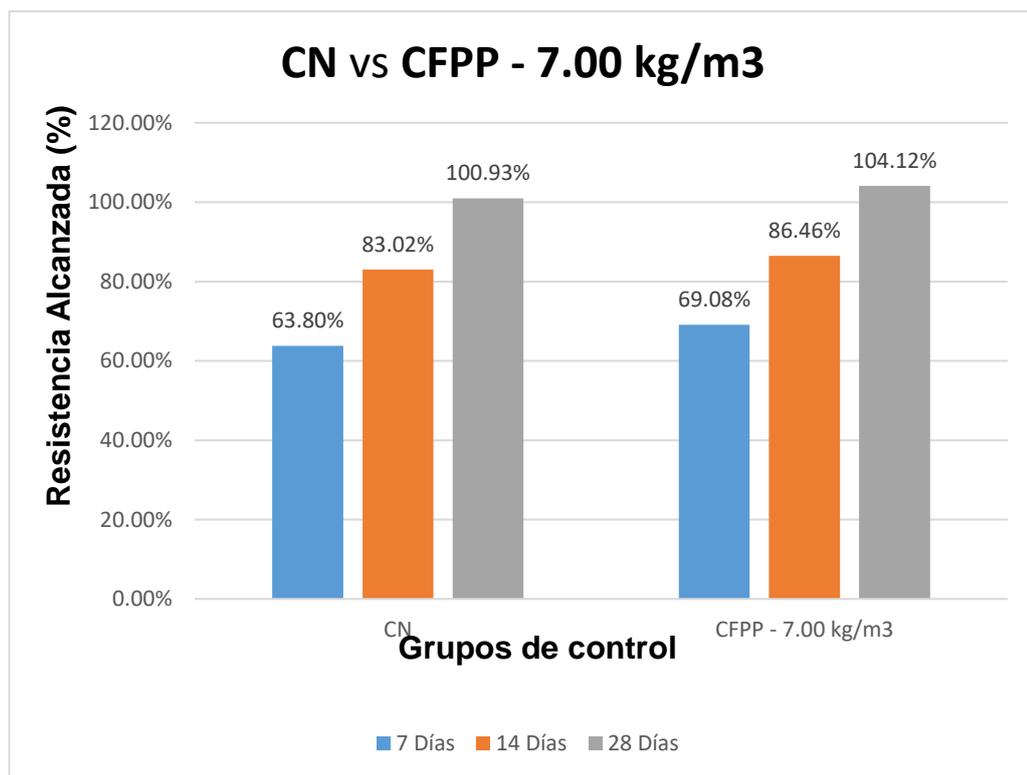
**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

La resistencia desarrollada por el concreto **CFPP**, desarrollado a los 28 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 4.60 kg/m<sup>3</sup>; es de 286.39 kg/cm<sup>2</sup>, y simboliza un 102.28% respecto a la resistencia del concreto normal (282.59 kg/cm<sup>2</sup>). Reduciendo su resistencia a la compresión en un 1.35%.

#### 4.2.2.2. Interpretación de datos: concreto normal “cn” - concreto con fibra de polipropileno incorporada al 7.00 kg/m<sup>3</sup> “CFPP - 7.00”

De acuerdo a las figuras N° 86, N° 87 y N° 88 se genera el siguiente GRÁFICO observando en desarrollo de la resistencia, con la adición de fibras de polipropileno, se observa que:

**Figura N° 42:** *Contrastación de resultados CFPP - 7.00 kg/m<sup>3</sup>*



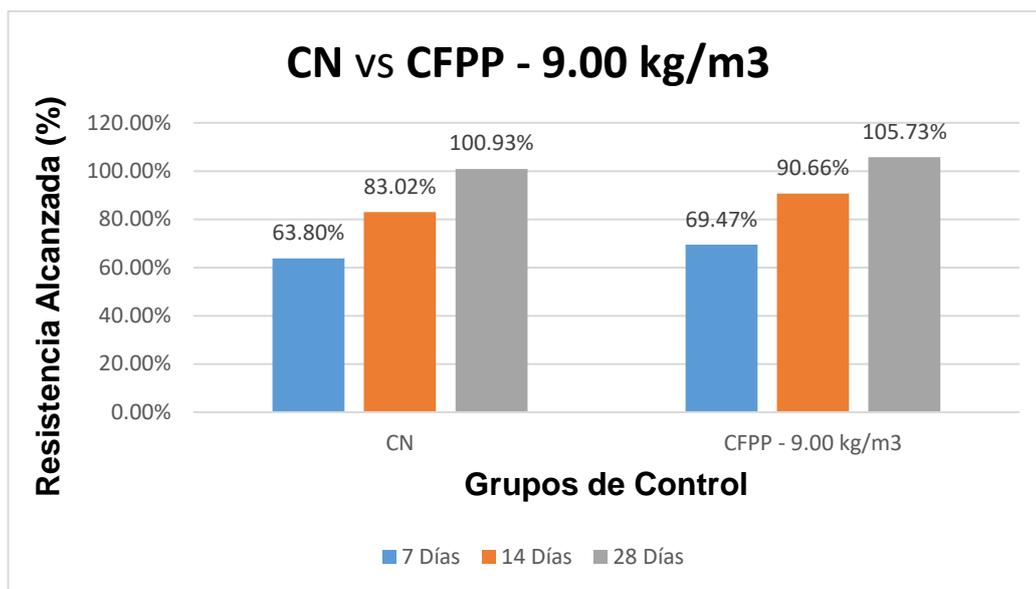
**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

La resistencia desarrollada por el concreto **CFPP**, desarrollado a los 28 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 7.00 kg/m<sup>3</sup>; es de 291.53 kg/cm<sup>2</sup>, y constituye el 104.12% respecto al concreto normal (282.59 kg/cm<sup>2</sup>). Reduciendo su resistencia a la compresión en un 3.19%.

#### 4.2.2.3. Interpretación de datos: concreto normal “cn” - concreto con fibra de polipropileno incorporada al 9.00 kg/m<sup>3</sup> “CFPP - 9.00”:

De acuerdo a las figuras N° 86, N° 87 y N° 88 se genera el siguiente GRÁFICO observando en desarrollo de la resistencia, con la adición de fibras de polipropileno, se observa que:

**Figura N° 43:** *Contrastación de resultados CFPP - 9.00 kg/m<sup>3</sup>*



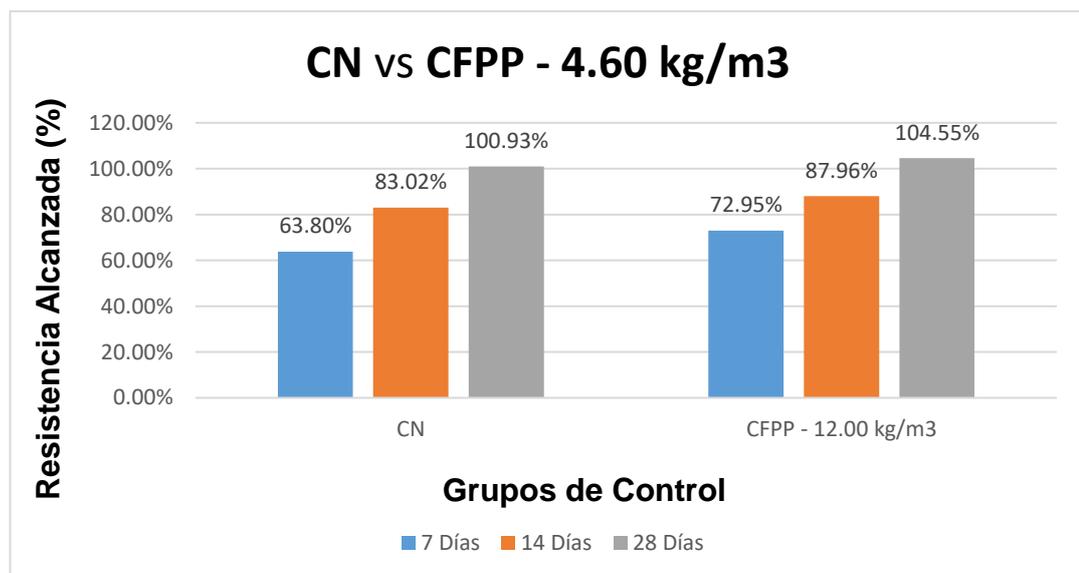
**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

La resistencia desarrollada por el concreto **CFPP**, desarrollado a los 28 días con una dosificación de 9.00 kg/m<sup>3</sup>; es de 296.05 kg/cm<sup>2</sup>, y constituye el 105.73% respecto al concreto normal (282.59 kg/cm<sup>2</sup>). Reduciendo su resistencia en un 5.20%, se podría proponer que es la cantidad óptima de fibra, obteniendo una resistencia máxima, dentro del grupo de estudio.

#### 4.2.2.4. Interpretación de datos: concreto normal “cn” - concreto con fibra de polipropileno incorporada al 12.00 kg/m<sup>3</sup> “CFPP - 12.00”:

De acuerdo a las figuras N° 86, N° 87 y N° 88 se genera el siguiente GRÁFICO observando en desarrollo de la resistencia, adicionando de fibras de polipropileno, se observa que:

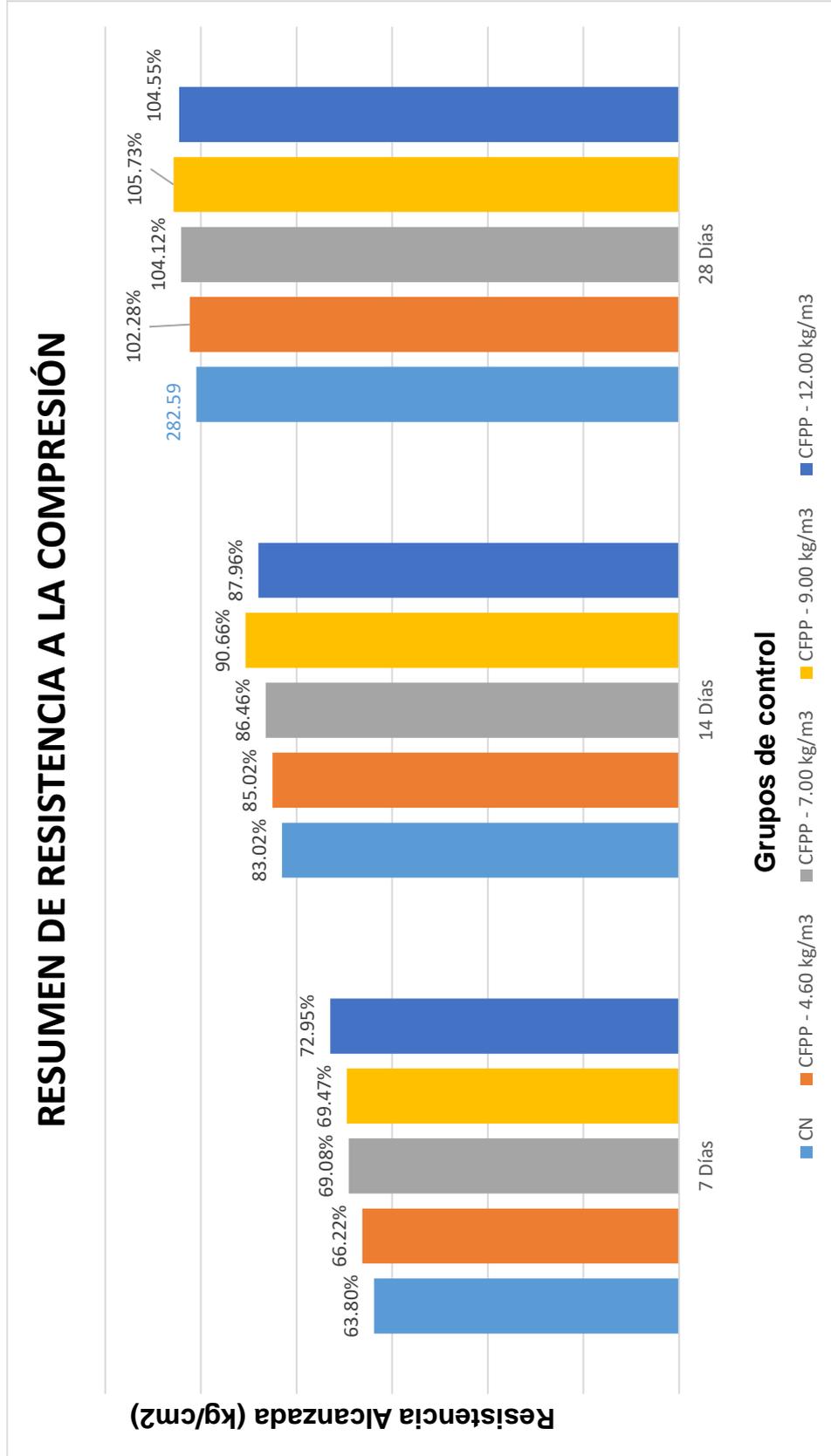
**Figura N° 44:** *Contrastación de resultados CFPP - 12.00 kg/m<sup>3</sup>*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

La resistencia desarrollada por el concreto **CFPP**, desarrollado a los 28 días por el con una dosificación de 12.00 kg/m<sup>3</sup>; es de 292.74 kg/cm<sup>2</sup>, y constituye el 83% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal (282.59 kg/cm<sup>2</sup>). Reduciendo su resistencia a la compresión en un 3.62%.

Figura N° 45: Resumen de resistencia a la compresión



**Fuente:** Elaborado por el equipo de trabajo.

#### 4.2.2.5. Discusión de resultados

- El  $f'c$  promedio desarrollado a los 7 días, denota un incremento: desde un +3.78% hasta un +14.19%, según la cantidad de fibra.
- El  $f'c$  promedio desarrollado a los 14 días, denota un incremento: desde un +2.41% hasta un +9.20%, según la cantidad de fibra.
- El  $f'c$  promedio desarrollado a los 28 días, denota un incremento: desde un +1.35% hasta un +4.76%, según la cantidad de fibra.

Tal y como referenciaban investigaciones anteriores, teniendo en consideración que el efecto de la dosificación de fibras de polipropileno, no influye en gran medida en la resistencia a la compresión, siendo una de sus propiedades el efecto pos-pico, ayudando así a otras propiedades del concreto.

#### 4.2.3. Ensayo de resistencia al impacto

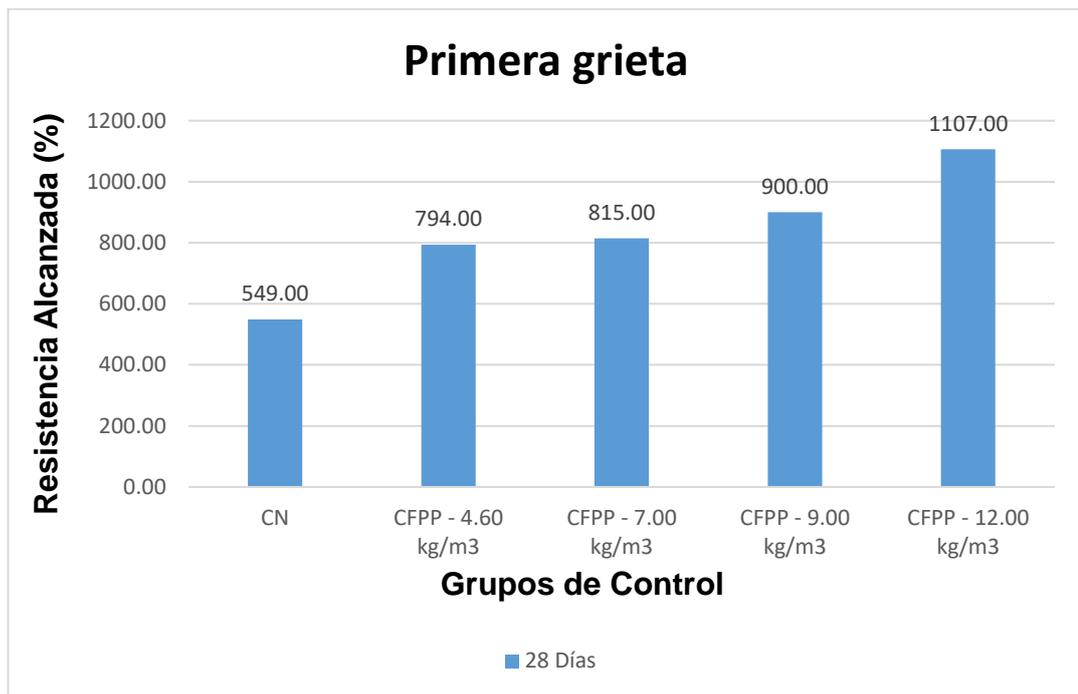
La tabla N° 89 detalla los resultados del ensayo.

**Tabla N° 88:** Resistencia al impacto

Descripción	Resistencia al impacto		
	Número de impactos		
	Primera grieta	Última grieta	Diferencia
CN	549	553	4
CFPP- 4.60 kg/m <sup>3</sup>	794	908	114
CFPP- 7.00 kg/m <sup>3</sup>	815	971	156
CFPP- 9.00 kg/m <sup>3</sup>	900	1392	492
CFPP- 12.00 kg/m <sup>3</sup>	1107	2765	1658

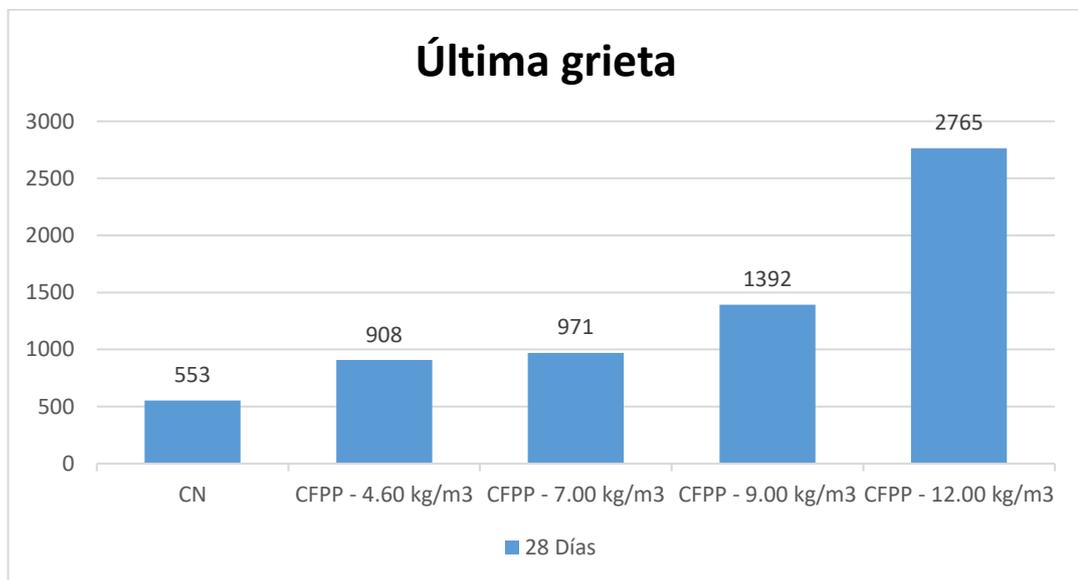
**Fuente:** Elaborado por el equipo de trabajo.

**Figura N° 46:** *Ensayo de impacto (primera grieta)*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

**Figura N° 47:** *Ensayo de impacto (primera grieta)*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*



#### 4.2.3.1. Discusión de resultados

- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 4.60 kg/m<sup>3</sup> “CFPP - 4.60”, se puede observar que la resistencia al impacto inicial es 794, el cual ha aumentado en un 44.63%, respecto al concreto normal “CN”. Respecto a la resistencia al impacto final es 908, el cual ha aumentado en un 64.20%, respecto al concreto normal “CN”.
- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 7.00 kg/m<sup>3</sup> “CFPP - 7.00”, se puede observar que la resistencia al impacto inicial es 815, el cual ha aumentado en un 48.45%, respecto al concreto normal “CN”. Respecto a la resistencia al impacto final es 971, el cual ha aumentado en un 75.59%, respecto al concreto normal “CN”.
- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 9.00 kg/m<sup>3</sup> “CFPP - 9.00”, se puede observar que la resistencia al impacto inicial es 900, el cual ha aumentado en un 63.93%, respecto al concreto normal “CN”. Respecto a la resistencia al impacto final es 1,392, el cual ha aumentado en un 151.72%, respecto al concreto normal “CN”.
- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 12.00 kg/m<sup>3</sup> “CFPP - 12.00”, se puede observar que la resistencia al impacto inicial es 1,107, el cual ha aumentado en un 101.64%, respecto al concreto normal “CN”. Respecto a la resistencia al impacto final es 2,765 el cual ha aumentado en un 400%, respecto al concreto normal “CN”.



### 4.3. Análisis estadístico

#### 4.3.1. Análisis estadístico: Resistencia a la compresión.

##### 4.3.1.1. Análisis estadístico: resistencia a la compresión- concreto normal

Resistencia a la compresión (f'c) obtenidas a los 28 días concreto normal	MUESTRA	f'c (Xi)
	CN-01	283.75
	CN-02	282.97
	CN-03	281.06

**Cuadro estadístico distribución de frecuencias muestra patron: concreto normal**

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[ 281.06 282.97 >	282.015	1.00	1.00	282.015	-0.90	0.81	0.81
[282.97 283.75 >	283.36	2.00	3.00	566.72	0.45	0.20	0.40
		<b>3.00</b>		<b>848.735</b>		<b>1.01</b>	<b>1.21</b>

NÚMERO DE MUESTRAS: N	<b>3.00</b>
RANGO DE DATOS: Rx Xmax = 283.75 Xmin = 281.06	<b>2.69</b>
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE: K	2.59
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE: C	1.34
MEDIA: u	<b>282.91</b>
MEDIANA: um (u > um > x0 -> Der ; u < um < x0 --> Izq )	<b>283.22</b>
MODA: uo	<b>284.22</b>
VARIANZA: σ <sup>2</sup>	<b>1.33</b>
DESVIACIÓN ESTÁNDAR: σ	<b>1.15</b>
COEFICIENTE DE VARIACIÓN: CV	<b>0.41</b>

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*



**4.3.1.2. Análisis estadístico: resistencia a la compresión- concreto reforzado con fibras de polipropileno (CFPP - 4.60Kg/m3)**

<b>Resistencia a la compresión (f'c) obtenidas a los 28 días concreto reforzado con fibra de polipropileno</b>	<b>Muestra</b>	<b>f'c (Xi)</b>
	CFPP-01	288.27
	CFPP-02	286.47
	CFPP-03	284.44

**Cuadro estadístico distribución de frecuencias muestra patron: concreto normal**

Intervalos de clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[ 284.44 286.47 >	285.455	1.00	1.00	285.455	-1.27	1.61	1.61
[286.47 288.27 >	287.37	2.00	3.00	574.74	0.64	0.41	0.82
		<b>3.00</b>		<b>860.20</b>		<b>2.02</b>	<b>2.43</b>

<b>NÚMERO DE MUESTRAS: N</b>	<b>3.00</b>
<b>RANGO DE DATOS: Rx</b> Xmax = 288.37 Xmin = 284.44	<b>3.93</b>
<b>NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE: K</b>	2.59 <b>2</b>
<b>ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE: C</b>	1.97 <b>2</b>
<b>MEDIA: u</b>	<b>286.73</b>
<b>MEDIANA: um</b> (u > um > xo --> Der ; u < um < xo --> Izq )	<b>286.72</b>
<b>MODA: uo</b>	<b>287.72</b>
<b>VARIANZA: σ²</b>	<b>0.81</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR: σ</b>	<b>0.90</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN: CV</b>	<b>0.31</b>

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*



**4.3.1.3. Análisis estadístico: resistencia a la compresión- concreto reforzado con fibras de polipropileno (CFPP - 7.00Kg/m3)**

<b>Resistencia a la compresión (f'c) obtenidas a los 28 días concreto normal</b>	<b>Muestra</b>	<b>f'c (Xi)</b>
	CFPP-01	294.20
	CFPP-02	289.13
	CFPP-03	291.27

**Cuadro estadístico distribución de frecuencias muestra patron: concreto normal**

Intervalos de clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[289.13 291.27>	290.20	1.00	1.00	290.20	-1.69	2.86	2.86
[291.27 294.20>	292.74	2.00	3.00	585.48	0.85	0.72	1.44
		<b>3.00</b>		875.68		<b>3.58</b>	<b>4.30</b>

<b>NÚMERO DE MUESTRAS: N</b>	<b>3.00</b>
<b>RANGO DE DATOS: Rx</b> Xmax = 294.20 Xmin = 289.13	<b>5.07</b>
<b>NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE: K</b>	2.59 <b>2</b>
<b>ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE: C</b>	2.54 <b>2</b>
<b>MEDIA: u</b>	<b>291.89</b>
<b>MEDIANA: um</b> (u > um > xo --> Der ; u < um < xo --> Izq )	<b>291.52</b>
<b>MODA: uo</b>	<b>292.52</b>
<b>VARIANZA: σ²</b>	<b>1.43</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR: σ</b>	<b>1.20</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN: CV</b>	<b>0.41</b>

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*



**4.3.1.4. Análisis estadístico: resistencia a la compresión- concreto reforzado con fibras de polipropileno (CFPP - 9.00 Kg/m3)**

<b>Resistencia a la compresión (f'c) obtenidas a los 28 días concreto normal</b>	<b>Muestra</b>	<b>f'c (Xi)</b>
	CFPP-01	296.52
	CFPP-02	293.02
	CFPP-03	298.62

**Cuadro estadístico distribución de frecuencias muestra patron: concreto normal**

Intervalos de clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[293.02 296.52>	294.77	1.00	1.00	294.77	-1.87	3.50	3.50
[296.52 298.62>	297.57	2.00	3.00	595.14	0.93	0.87	1.74
		<b>3.00</b>		889.91		<b>4.37</b>	<b>5.24</b>

<b>NÚMERO DE MUESTRAS: N</b>	<b>3.00</b>
<b>RANGO DE DATOS: Rx</b> Xmax = 298.62    Xmin = 293.02	<b>5.60</b>
<b>NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE: K</b>	1.99
<b>ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE: C</b>	2.80
<b>MEDIA: u</b>	<b>296.64</b>
<b>MEDIANA: um</b> (u > um > xo --> Der ; u < um < xo --> Izq )	<b>296.77</b>
<b>MODA: uo</b>	<b>297.77</b>
<b>VARIANZA: σ²</b>	<b>1.75</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR: σ</b>	<b>1.32</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN: CV</b>	<b>0.44</b>

**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

#### 4.3.1.5. Análisis estadístico: resistencia a la compresión- concreto reforzado con fibras de polipropileno (CFPP - 12.00 Kg/m3)

Resistencia a la compresión (f'c) obtenidas a los 28 días concreto normal	Muestra	f'c (Xi)
	CFPP-01	291.46
	CFPP-02	294.09
	CFPP-03	292.67

Cuadro estadístico distribución de frecuencias muestra patron: concreto normal

Intervalos de clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[291.46 292.67>	292.07	1.00	1.00	292.07	-0.87	0.76	0.76
[292.67 294.09>	293.38	2.00	3.00	586.76	0.44	0.19	0.38
		<b>3.00</b>		<b>878.83</b>		<b>0.95</b>	<b>1.14</b>

NÚMERO DE MUESTRAS: N	<b>3.00</b>
RANGO DE DATOS: Rx Xmax = 294.09 Xmin = 291.46	<b>2.63</b>
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE: K	1.99
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE: C	1.32
MEDIA: u	<b>292.94</b>
MEDIANA: um (u > um > xo --> Der ; u < um < xo --> Izq )	<b>292.99</b>
MODA: uo	<b>293.99</b>
VARIANZA: σ <sup>2</sup>	<b>0.38</b>
DESVIACIÓN ESTÁNDAR: σ	<b>0.61</b>
COEFICIENTE DE VARIACIÓN: CV	<b>0.21</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

#### 4.4. Análisis del costo por metro cuadrado de pavimento

Los análisis se realizaron según el método AASHTO 93.

##### 4.4.1. Análisis del espesor de pavimento según diseño AASHTO 1993

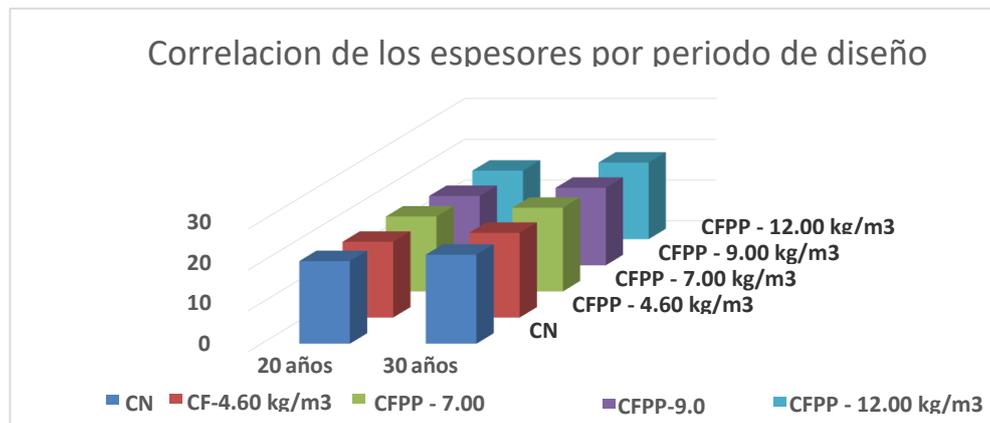
Una vez validados los datos obtenidos del módulo de ruptura “R” (para todos los grupos de control); se presenta a continuación el espesor del pavimento rígido diseñado por el método AASHTO 1993, según el módulo de ruptura (28 días) para todos los grupos de control “CN”, “CFPP - 4.60”, “CFPP - 7.00”, “CFPP - 9.00”, y “CFPP - 12.00” y además de variar el periodo de diseño en 20, 30 años.

**Tabla N° 89:** *Espesor de pavimento rígido según los módulos de ruptura*

Grupos de control	Periodo de diseño	
	20 años	30 años
CN	19.52	22.32
CFPP - 4.60 kg/m <sup>3</sup>	19.23	21.15
CFPP - 7.00 kg/m <sup>3</sup>	19.12	19.99
CFPP - 9.00 kg/m <sup>3</sup>	19.05	20.65
CFPP - 12.00 kg/m <sup>3</sup>	19.07	20.86

**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Figura N° 48:** *Espesor del pavimento (AASHTO)*



**Fuente:** *Elaborado por el equipo de trabajo.*

Analizando los datos de la figura N° 48, se puede notar que los resultados del diseño del espesor de pavimento reducen conforme la cantidad de fibra de polipropileno por metro cúbico de concreto aumenta, teniéndose que:

- El espesor de pavimento para un concreto con módulo de ruptura promedio de 282.59 kg/cm<sup>2</sup> (concreto normal), presenta un resultado de 19.52 cm. (periodo de diseño 20 años) y 22.32 cm. (periodo de diseño 30 años)



- El espesor de pavimento para un concreto con módulo de ruptura de 286.39 kg/cm<sup>2</sup>, (CFPP - 4.60 kg/m<sup>3</sup>), presenta un resultado de 19.12 cm. (periodo de diseño 20 años) y 21.15 cm. (periodo de diseño 30 años)
- El espesor de pavimento para un concreto con módulo de ruptura de 291.53 kg/cm<sup>2</sup>, (CFPP - 7.00 kg/m<sup>3</sup>), presenta un resultado de 18.35 cm. (periodo de diseño 20 años) y 19.99 cm. (periodo de diseño 30 años)
- El espesor de pavimento para un concreto con módulo de ruptura de 296.05 kg/cm<sup>2</sup>, (CFPP- 9.00 kg/m<sup>3</sup>), presenta un resultado de 19.05 cm. (periodo de diseño 20 años) y 20.65 cm. (periodo de diseño 30 años)
- El espesor de pavimento para un concreto con módulo de ruptura de 292.74 kg/cm<sup>2</sup>, (CFPP - 12.00 kg/m<sup>3</sup>), presenta un resultado de 19.07 cm. (periodo de diseño 20 años) y 20.86 cm. (periodo de diseño 30 años)

#### **A. Discusión de resultados.**

Con los resultados expuestos en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibras de polipropileno en el concreto  $f'c$  280kg/cm<sup>2</sup>, para el diseño de un pavimento rígido; reduce el espesor del mismo, según diseño AASHTO 1993, desde un 19.07 cm hasta un 19.52 cm, (respecto a concreto normal esto según la cantidad de fibra).

## 4.5. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

### 4.5.1. Resistencia a la compresión.

#### 4.5.1.1. Prueba de hipótesis resistencia a la compresión-CFPP - 4.60

**Kg/m<sup>3</sup>**

MUESTRA PATRÓN (1) : CN - 7, 14 y 28 días  
MUESTRA COMPARADA (2) : CFPP - 7, 14 y 28 días

1.- PARÁMETROS DE INTERÉS: Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.

cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m <sup>3</sup>	4.6 kg/m <sup>3</sup>
Número de muestras, n	3	3
Media, u	282.59	286.39
Varianza, $\sigma^2$	2.69	3.93

2.- HIPÓTESIS : **u1:** f<sub>c</sub> Media del grupo 1.  
**u2:** f<sub>c</sub> Media del grupo 2.  
**a.- HIPÓTESIS NULA :** **Ho:**  $u1 \geq u2$  Se Rechaza si:  $\{Z_o < -Z\}$

La incorporación de fibras de polipropileno en 4.60 kg/m<sup>3</sup>, no incrementa la resistencia a la compresión del concreto f<sub>c</sub> 280 kg/cm<sup>2</sup>.

**b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA :** **Ha:**  $u1 < u2$  Ha Unilateral con Cola a la Izquierda

La incorporación de fibras de polipropileno en 4.60 kg/m<sup>3</sup>, incrementa la resistencia a la compresión del concreto f<sub>c</sub> 280 kg/cm<sup>2</sup>.

3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA :  $\alpha = 0.05$   $Z = 1.037$

4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA: El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

Donde:

- **Z<sub>o</sub>**: Estadístico de prueba.
- **u<sub>1</sub>, u<sub>2</sub>**: Resistencia promedio de los grupos.
- **$\sigma_1, \sigma_2$** : Desviación estándar de los grupos.
- **n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>**: Cantidad especímenes de los grupos.

**Prueba Z : Z<sub>o</sub> = -2.56**

5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA: Se tiene que para un nivel de significancia de 0.15 y nivel confiabilidad del 85 %, corresponde un valor de Z = 1.037.

**Rechazar Ho si: Z<sub>o</sub> < -1.037**

**No se Rechaza: Ho**

Se acepta Ho:  $u1 \geq u2$

6.- CONCLUSIÓN : Puesto que la expresión:  $\{Z_o < -Z\}$  ó  $\{24.81 < -1.645\}$  es **VERDADERO**, entonces **SE ACEPTA Ho: u<sub>1</sub> < u<sub>2</sub>**; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 85%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 4.60 kg/m<sup>3</sup>, incrementa la resistencia a la compresión del concreto f<sub>c</sub> 280 kg/cm<sup>2</sup>.



#### 4.5.1.2. Prueba de hipótesis resistencia a la compresión- CFPP - 7.00

**Kg/m<sup>3</sup>**

MUESTRA PATRÓN (1) : CN - 7, 14 y 28 días  
MUESTRA COMPARADA (2) : CFPP - 7, 14 y 28 días

1.- PARÁMETROS DE INTERÉS: Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.

Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m <sup>3</sup>	7.00 kg/m <sup>3</sup>
Número de muestras, n	3	3
Media, u	282.59	291.53
Varianza, $\sigma^2$	2.69	5.07

2.- HIPÓTESIS :  
**u1:** f'c Media del grupo 1.  
**u2:** f'c Media del grupo 2.

a.- HIPÓTESIS NULA : **Ho:**  $u_1 \geq u_2$  Se Rechaza si:  $\{Z_0 < -Z\}$   
La incorporación de fibras de polipropileno en 7.00 kg/m<sup>3</sup>, no incrementa la resistencia a la compresión del concreto f'c 280 kg/cm<sup>2</sup>.

b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA : **Ha:**  $u_1 < u_2$  Ha Unilateral con Cola a la Izquierda

La incorporación de fibras de polipropileno en 7.00 kg/m<sup>3</sup>, incrementa la resistencia a la compresión del concreto f'c 280 kg/cm<sup>2</sup>.

3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA :  $\alpha = 0.50$   $Z = 1.037$

4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA: El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos

poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

**Donde:**

- **Z<sub>0</sub>:** Estadístico de prueba.
- **u<sub>1</sub>, u<sub>2</sub>:** Resistencia promedio de los grupos.
- **$\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ :** Desviación estándar de los grupos.
- **n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>:** Cantidad especímenes de los grupos.

**Prueba Z : Z<sub>0</sub> = -5.56**

5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA: Se tiene que para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del

85 %, corresponde un valor de Z = 1.037.

**Rechazar Ho si: Z<sub>0</sub> < -1.037**

**No se Rechaza: Ho**

Se acepta Ho:  $u_1 \geq u_2$

6.- CONCLUSIÓN : \_\_\_\_\_

Puesto que la expresión:  $\{Z_0 < -Z\}$  ó  $\{-5.56 < -1.645\}$  es **VERDADERO**, entonces **SE ACEPTA Ho:  $u_1 < u_2$** ; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 85%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 7.00 kg/m<sup>3</sup>, incrementa la resistencia a la compresión del concreto f'c 280 kg/cm<sup>2</sup>

### 4.5.1.3. Prueba de hipótesis resistencia a la compresión-CFPP - 9.00

**Kg/m<sup>3</sup>**

1.- **PARÁMETROS DE INTERÉS:** Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.

Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m <sup>3</sup>	9.00 kg/m <sup>3</sup>
Número de muestras, <b>n</b>	3	3
Media, <b>u</b>	282.59	296.05
Varianza, <b>σ<sup>2</sup></b>	2.69	5.60

2.- **HIPÓTESIS** : **u1:** f'c Media del grupo 1.  
**u2:** f'c Media del grupo 2.

**a.- HIPÓTESIS NULA** : **Ho:**  $u_1 \geq u_2$  Se Rechaza si:  $\{Z_o < -Z\}$   
La incorporación de fibras de polipropileno en 9.00 kg/m<sup>3</sup>, no incrementa la resistencia a la compresión del concreto f'c 280 kg/cm<sup>2</sup>.

**b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA** : **Ha:**  $u_1 < u_2$  Ha unilateral con cola a la izquierda

La incorporación de fibras de polipropileno en 9.00 kg/m<sup>3</sup>, incrementa la resistencia a la compresión del concreto f'c 280 kg/cm<sup>2</sup>.

3.- **NIVEL DE SIGNIFICANCIA** :  $\alpha = 0.05$   $Z = 1.037$

4.- **ESTADÍSTICO DE PRUEBA:** El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos

poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

**Donde:**

- **Z<sub>o</sub>:** Estadístico de prueba.
- **u<sub>1</sub>, u<sub>2</sub>:** Resistencia promedio de los grupos.
- **σ<sub>1</sub>, σ<sub>2</sub>:** Desviación estándar de los grupos.
- **n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>:** Cantidad especímenes de los grupos.

**Prueba Z : Z<sub>o</sub> = -8.10**

5.- **ESTADÍSTICO DE PRUEBA:** Se tiene que para un nivel de significancia de 0.15 y nivel confiabilidad del

85 %, corresponde un valor de  $Z = -1.037$ .

**Rechazar Ho si: Z<sub>o</sub> < -1.037**

No se Rechaza: Ho

Se acepta Ho:  $u_1 \geq u_2$

6.- **CONCLUSIÓN** : \_\_\_\_\_

Puesto que la expresión:  $\{Z_o < -Z\}$  ó  $\{-8.10 < -1.037\}$  es **VERDADERA**, entonces **SE ACEPTA Ho:  $u_1 < u_2$** ; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 85%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 9.00 kg/m<sup>3</sup>, incrementa la resistencia a la compresión del concreto f'c 280 kg/cm<sup>2</sup>

#### 4.5.1.4. Prueba de hipótesis resistencia a la compresión - CFPP - 12.00

**Kg/m<sup>3</sup>**

1.- **PARÁMETROS DE INTERÉS:** Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para datos Agrupados.

Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m <sup>3</sup>	12.00 kg/m <sup>3</sup>
Número de muestras, <b>n</b>	3	3
Media, <b>u</b>	282.59	292.74
Varianza, <b>σ<sup>2</sup></b>	2.69	2.63

2.- **HIPÓTESIS** : **u1:** f<sub>c</sub> Media del grupo 1.  
**u2:** f<sub>c</sub> Media del grupo 2.

a.- **HIPÓTESIS NULA** : **Ho:**  $u_1 \geq u_2$  Se Rechaza si:  $\{Z_0 < -Z\}$

La incorporación de fibras de polipropileno en 12.00 kg/m<sup>3</sup>, incrementa la resistencia a la compresión del concreto f<sub>c</sub> 280 kg/cm<sup>2</sup>.

b.- **HIPÓTESIS ALTERNATIVA** : **Ha:**  $u_1 < u_2$  Ha Unilateral con Cola a la Izquierda

La incorporación de fibras de polipropileno en 12.00 kg/m<sup>3</sup>, incrementa la resistencia a la compresión del concreto f<sub>c</sub> 280 kg/cm<sup>2</sup>.

3.- **NIVEL DE SIGNIFICANCIA** :  $\alpha = 0.05$   $Z = -1.037$

4.- **ESTADÍSTICO DE PRUEBA:** El estadístico de prueba usado en la prueba de hipótesis de dos

poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

**Donde:**

- **Z<sub>0</sub>:** Estadístico de prueba.
- **u<sub>1</sub>, u<sub>2</sub>:** Resistencia promedio de los grupos.
- **σ<sub>1</sub>, σ<sub>2</sub>:** Desviación estándar de los grupos.
- **n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>:** Cantidad especímenes de los grupos.

**Prueba Z : Z<sub>0</sub> = -7.62**

5.- **ESTADÍSTICO DE PRUEBA:** Se tiene que para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 85 %, corresponde un valor de Z = -1.037.

**Rechazar Ho si: Z<sub>0</sub> < -1.037**

**Se Rechaza: Ho**

Se acepta Ha:  $u_1 < u_2$

6.- **CONCLUSIÓN** : \_\_\_\_\_

Puesto que la expresión:  $\{Z_0 < -Z\}$  ó  $\{-7.62 < -1.037\}$  es **VERDADERA**, entonces **SE ACEPTA Ho:  $u_1 < u_2$** ; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 85%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 12.00 kg/m<sup>3</sup>, incrementa la resistencia a la compresión del concreto f<sub>c</sub> 280 kg/cm<sup>2</sup>

#### 4.6. Discusión e interpretación de los resultados

Se ha encontrado que existen diferencias estadísticamente significativas entre el concreto convencional, sin fibras de polipropileno, y el concreto reforzado con las fibras



de polipropileno respecto a la reducción de fisuras por retracción plástica en el concreto para las diferentes dosis de fibra.

También cabe señalar que existe una reducción de asentamiento en el concreto debido a la incorporación de las fibras de polipropileno.



## V. CONCLUSIONES

La investigación ha logrado determinar que:

a. Conclusión general

- La incorporación de fibra de polipropileno (Sika Fiber Force PP-48) en el diseño de mezcla del concreto  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup>, para el diseño de un pavimento rígido, no generó las expectativas que se buscaba, contrariamente la resistencia a la compresión simple, mejorando está parcialmente dependiendo de la cantidad de fibra adicionada y respecto a la trabajabilidad esta disminuye desde un 1.73 a 1.41 pulgadas, además del aumento del costo/m<sup>2</sup>, el espesor del pavimento según diseño AASHTO disminuye de acuerdo a la cantidad de fibra adicionada.

b. Conclusiones específicas

- La dosificación de fibras polipropileno en las mezclas de concreto fresco, tiende a modificar el comportamiento de las mismas, ya que a mayor dosis, menor la trabajabilidad, en tal sentido se concluye que para poder realizar el estudio de asentamiento, en grandes dosis se requiere de otro tipo de consideraciones, como es el caso de aumentar agua, sin modificar la relación agua/cemento, observándose que hubo una reducción del 4.65% como máximo (de 2") con la dosis mínima (del orden de 4,600 g/m<sup>3</sup>) para ambos tamaños de fibra y 18.23% (de 2 %") con la dosis mayor (del orden de 12,000 g/m<sup>3</sup>).
- Al no existir mucho estudios con dosis elevadas por motivos de especificaciones del fabricante, que propone un máximo de 9,000 g/m<sup>3</sup>, con

sustento técnico, pero a fin de obtener resultados o de comprobarlos, se realizó una dosificación que no está en la especificación técnica del fabricante, pero llegando a resultados, pero teniendo presente que a mayor inversión los resultados no son alentadores, por el contrario, en esta investigación se pudo probar que no necesariamente se requiere gran cantidad de fibra, por ser innecesario y complejo, ya que este material no trabaja bajo ese concepto, en tal sentido, en esta investigación, uno de las hipótesis, refería que esta investigación trataría de encontrar la dosificación óptima para poder, sacar la mayor ventaja al concreto, siendo ese el caso, en esta investigación se pudo dar una solución relativa, ya que posiblemente el óptimo para que pueda brindar su máxima resistencia, con la menor inversión posible, sería la dosificación de 9.00 kg/m<sup>3</sup>, ya que en esa dosificación se pudo hallar la mayor resistencia, y teniendo en cuenta que el consumo de fibra no era el máximo.

- 🍏 Se pudo apreciar la variación de ventajas en cuanto a la dosificación de las fibras en el concreto fresco, viéndose una mejora en las propiedades donde se tenía mayor cantidad de fibras, en tal sentido se llegó a la conclusión de que en un cierto porcentaje, se podría controlar algunas propiedades del concreto que dañan a dicho concreto, tal es el caso de la fisuración que se genera en el concreto fresco, ya sea por otros motivos externos, pero que perjudicar el desarrollo de la vida útil de la losa de pavimento rígido.
- 🍏 Al momento de dosificar las fibras de polipropileno en el concreto, genera un imperceptible incremento, no significativo, en la resistencia a la compresión entre el 1% al 6% a los 7, 14 y 28 días con respecto a la mezcla patrón.



## VI. RECOMENDACIONES

- 1) En los estudios realizados se pudo apreciar que usar fibras en la dosificación de 9,000 g/m<sup>3</sup>, tuvo el mejor de los resultados tanto en los ensayos de concreto fresco y los de concreto endurecido, por tal fin, se recomienda la dosificación como adecuada por sus aportes significativos al concreto.
- 2) En el estudio de la fibra, para la dosificación de 12,000 g/m<sup>3</sup>, se tuvo como principal objetivo el estudio de la dosis en concreto fresco, para visualizar el comportamiento que tiene la fibra a dicha dosificación, mostrando resultados favorables en cuanto a la retracción plástica y al esfuerzo de unión entre la fibra y la matriz, cumpliendo con el objetivo del estudio.
- 3) Se recomienda no tratar de sustituir los aceros de refuerzo con fibras de polipropileno, ya que su función no generalmente es la de brindar esfuerzo a compresión, siendo su aporte al mismo, casi nulo, en tal sentido es recomendable el uso de fibras en estructuras secundarias o de poca relevancia.
- 4) Se recomienda utilizar las fibras de polipropileno, en gran medida para ayudar a contrarrestar los esfuerzos relativamente pequeños, que no requieran de una gran resistencia a fin de evitar cizalladura en la fibra, y que posteriormente se separen de la matriz del concreto.
- 5) En cuanto al trabajo con dosificaciones mayores, se recomienda no utilizarlos, ya que no brindan el servicio requerido, debido a su bajo aporte a la resistencia a la compresión, verificada en este estudio, y poco aporte en la resistencia a la tracción, según datos de otras tesis, considerando además la falta de trabajabilidad



que adquiere el **CFPP** a medida que la dosificación aumenta, lo que dificulta el acomodo de las partículas del concreto, en general los agregados.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NTP 339.183. (2009). *HORMIGON (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio.* Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 400.012. (2001). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.* . Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 400.017. (2011). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados.* Lima, Perú: Indecopi.
- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del concreto.* Lima: San Marcos.
- ACI 544.1 R-96. (2002). *State-of-the-art report on fiber reinforced concrete. American Concrete Institute.* Reapproved 2002. USA. .
- ACI544.3R. (2008). *Guide for Specifying, Proportioning, Mixing, Placing, and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete.* Reported by ACI Committee 544.
- alfonzo, M. F. (2006). *Ingeniería de Pavimento, Fundamentos Estudios Básicos y Diseño.* Colombia, Universidad Católica de Colombia.: Tercera Edición.
- American Association of state , h. t. (1993). *AASHTO Guide for desing of pavement structures 1993.* 444 N. Capitol streel, N. W., Suite 249 : Washington, D. C. 20001 .
- Banthia, S. M. (1994). *Fiber reinforced cementitious composites: Current practice and future prospects.*
- Barros Fierro, V. P., & Ramírez Cueva, H. C. (2012). *Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de pifo. (Tesis de ingeniero civil).* Universidad central del Ecuador, Quito - Ecuador.
- Carbajal, p. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto.* Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú, Segunda edición.
- Chapoñan Cueva, J. M., & Quispe Cirilo, J. (2017). *Analisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidraulico para el diseño de pavimentos rigidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H.H. Villamaria-Nuevo Chimbote. (Tesis de Ingeriería Civil).* Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote - Perú.



- Conza Ccopa, D. G. (2016). Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la Av. Circunvalación Oeste de Juliaca. (*Tesis de grado*). Universidad Peruana Unión, Juliaca.
- Dávila Mercado, M. P. (2010). Efecto de la adición de fibras sintéticas sobre las propiedades plásticas y mecánicas del concreto. (*tesis de Maestría en Ingeniería Civil*). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Gallego Sánchez, A. (2012). *Orientación de las fibras en el hormigón: causas y consecuencias*. València, España: Universitat Politècnica de València .
- Gonzales Salcedo , L. (2010). *Generalidades sobre las fibras artificiales. Módulo de lectura para la asignatura Análisis de Estructuras*. Universidad Nacional de Colombia: Colombia.
- Gutierrez de López, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. (*Título de Ingeniería Civil*). Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Segunda edición. Colombia.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collada, C., & Baptista Lucio , P. (2010). *Metodología de la investigación*. Editorial Mc Graw Hill: México.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: 5ta edición.
- Isidro Chagua, J. (2018). *Influencia de la Adición de Fibras de Acero en las propiedades del Concreto Empleado para pavimentos en la construcción de Pistas en la Ciudad de Puno - Puno*. (Tesis de Ingeniería Civil), Puno - Perú.
- Juarez Alvarado, C. A. (2002). Concretos base cemento portland reforzados con fibras naturales (agave lecheguilla), como materiales para construcción en México. (*Doctor en Ingeniería*). Universidad autonoma de Nuevo León, México.
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & y Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto. Portland Cement Association, Skokie*. EE.UU.: Illinois, 1ra. ed.
- L., B. (1986). Hormigón reforzado con fibras de polipropileno. *Tesis de Grado*. Escuela Politécnica Nacional, QUITO.
- López Roman , J. (2015). Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo fibra adicionado. (*Maestro en Ingeniería*). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.



- Mestanza Orellana, J. B. (2016). Análisis comparativo de la resistencia a compresión del concreto con adición de fibras de polipropileno sometido a ambientes severos: altas, bajas temperaturas y ambientes salinos. (*Tesis de Grado*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato Ecuador.
- Millán Castillo, M. F. (2013). Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno y su influencia en sus propiedades mecánicas en el cantón ambato, Provincia de Tungurahua. (*Tesis de ingeniería civil*). Universidad técnica de Ambato, Ambato - Ecuador.
- Montejo , A. (2008). *Ingeniería de pavimentos para carreteras. Fundamentos, estudios basicos y diseño* (Vol. Tomo I (3ra Ed.)). Colombia: Universidad Catolica de Colombia.
- Naaman, A. (2003). *Engineered steel fibers with optical properties for reinforcement of cement composites*. University of Michigan : E.E.U.U.
- Neville, A., & Brook, J. (1998). *Tecnología del concreto*. México: Primera ed. en español.
- NTP 339.034. (2008). *HORMIGON (CONCRETO). Métodos de ensayo para el esfuerzo a la compresión para muestras cilíndricas de concreto*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 339.035. (1999). *HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del Concreto con el cono de Abrams*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 339.046. (2008). *HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el peso unitario, rendimiento, contenido de aire del Concreto*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 400.010 . (2001). *AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 400.021. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para Peso específico y Absorción de agregado grueso*. Lima, Perú: Indecopi.
- NTP 400.022. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para Peso específico y Absorción de agregado fino*. Lima, Perú: Indecopi.
- Olarte Buleje , Z. (2017). Estudio de la calidad de los agregados de las principales canteras de la ciudad de Andahuaylas y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles. (*Tesis de Ingeniería Civil*). Universidad tecnológica de los andes, Abancay - Apurimac.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto*. Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú. Segunda edicion.



- Pujadas , P. (2009). *Durabilidad del hormigón con fibras de polipropileno*. Universitat Politècnica de Catalunya: España.
- Rivva Lopez , E. (2001). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima - Perú: San Marcos. primera edicion .
- Sueña Quispe, R. (2021). *Diseño de la Estructura Vial del Barrio Manto de la Ciudad de Puno, (Tesis de Ingeniería Civil), Universidad Nacional del Altiplano Puno*. Repositorio UNAP.
- Valero Galarza, J. F. (2015). *Influencia de las fibras de polipropileno en la fisuración asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto, Huancayo 2014. (Tesis de Ingeniero Civil)*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- Zapana Coacalla, T. (2007). *Efectos del cemento puzolánico IP y acelerantes de fragua, en un concreto expuesto a clima híbrido en su resistencia final de diseño. (Tesis de Ingeniero Civil)*. Universidad nacional del altiplano - Puno, Puno.
- Zelada Rojas, L. A. (2019). *Diseño de 1 km. de pavimento, carretera Juliaca - Puno (Km 44+000 – Km. 45+000)*. (Tesis de Ingeniería Civil) Pontificia universidad católica del Perú, Lima. .



## ANEXOS

### Anexo A. Ensayos de los materiales

#### Agregados

- Anexo A. 1** Análisis granulométrico del agregado grueso (muestra 1)
- Anexo A. 2** Análisis granulométrico del agregado grueso (muestra 2)
- Anexo A. 3** Análisis granulométrico del agregado grueso (muestra 3)
- Anexo A. 4** Análisis granulométrico del agregado fino (muestra 1)
- Anexo A. 5** Análisis granulométrico del agregado fino (muestra 2)
- Anexo A. 6** Análisis granulométrico del agregado fino (muestra 3)
- Anexo A. 7** Abrasión los Ángeles.
- Anexo A. 8** Contenido de humedad del agregado grueso
- Anexo A. 9** Contenido de humedad del agregado fino
- Anexo A. 10** Peso específico y absorción del agregado grueso.
- Anexo A. 11** Peso específico y absorción del agregado fino.
- Anexo A. 12** Peso unitario del agregado grueso.
- Anexo A. 13** Peso unitario del agregado fino.
- Anexo A. 14** Constancia del uso de Laboratorio (UNAP)

### ANEXO B. Diseño de mezclas

- Anexo B. 1** Ficha técnica de polipropileno.

### ANEXO C. Propiedades del concreto

#### Propiedades del concreto endurecido

- Anexo C. 1** Prueba de Resistencia a la compresión.

### ANEXO D. Panel fotográfico

## Anexo A. 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO AGREGADO GRUESO NTP: 400.12, ASTM C-136

**PROYECTO** TESIS: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA EL TRANSITO VEHICULAR EN EL INTERCAMBIO DE VIAS DE LAS AVENIDAS CIRCUNVALACIÓN Y HUANCANÉ – CARRETERA SALIDA A HUANCANÉ AL LADO ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA".

**SOLICITADO** : Bach. Edwin Carlos, ESTOFANERO HUAMAN

**CANTERA** : Puno, San Roman, Cabanillas.

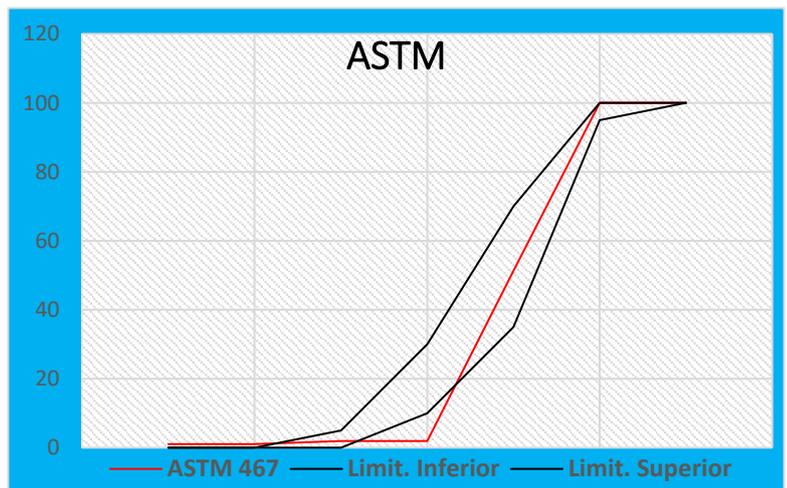
**FECHA** : Enero Del 2020

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (Muestra 01)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	(%) Retenido	(%) Retenido Acumulado	(%) Que Pasa	Especif. ASTM		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.
1 1/2"	38.100	-	-	-	-	-	-	T. M. 1"
1"	25.400	53.09	1.06	1.06	98.94	100	100	T. M. N.. 3/4"
3/4"	19.050	2,358.50	47.17	48.28	51.72	90	100	Peso Seco Inicial
1/2"	12.700	2,441.80	48.84	97.11	2.89	20	55	Modulo de Finezan 7.44
3/8"	9.525	89.39	1.79	98.90	1.10	0	15	
Nº4	4.760	24.37	0.49	99.39	0.61	0	5	
BASE		27.98	0.56	99.95	0.05	-	-	
TOTAL		4,995.13	99.90	99.95	100.00	-	-	
% PERDIDA		0.10%	0.10	100.00				

TAMIZ MALLA Nº	TAMAÑO NOMINAL 1 1/2" a Nº 4		
	Límite Inferior	Límite Superior	Muestra.
3"	100	100	100.00
2"	100	100	100.00
1 1/2"	100	100	100.00
1"	100	100	98.94
3/4"	90	100	51.72
1/2"	20	55	2.89
3/8"	0	15	1.10
Nº4	0	5	0.61

#### CURVA GRANULOMÉTRICA





**Anexo A. 2**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
AGREGADO GRUESO  
NTP: 400.12, ASTM C-136**

**PROYECTO** TESIS: “EVALUACION Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA EL TRANSITO VEHICULAR EN EL INTERCAMBIO DE VIAS DE LAS AVENIDAS CIRCUNVALACIÓN Y HUANCANÉ – CARRETERA SALIDA A HUANCANÉ AL LADO ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA”.

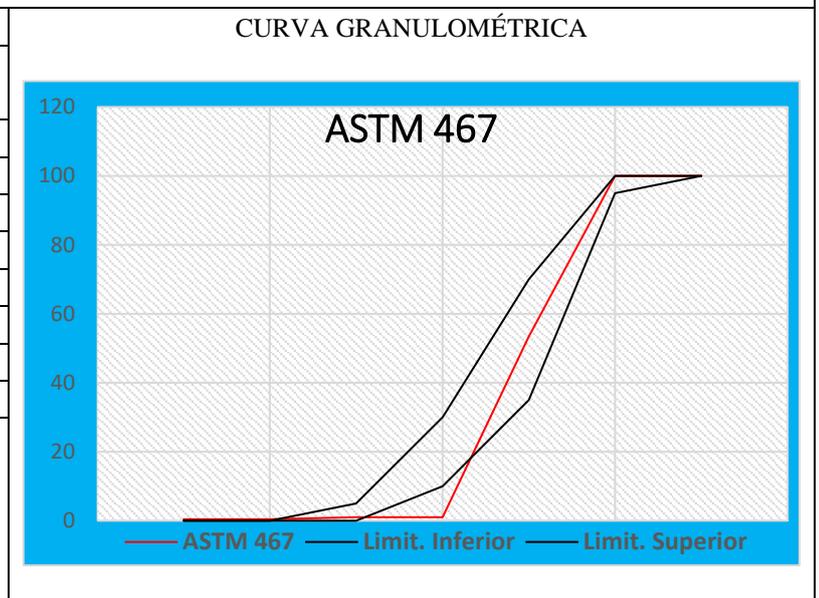
**SOLICITADO** : Bach. Edwin Carlos, ESTOFANERO HUAMAN

**CANTERA** : Puno, San Roman, Cabanillas.

**FECHA** : Enero Del 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (Muestra 02)								
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	(%) Retenido	(%) Retenido Acumulado	(%) Que Pasa	Especif. ASTM		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.
1 1/2"	38.100	-	-	-	-	-	-	T. M. 1"
1"	25.400	60.11	1.20	1.20	98.80	100	100	T. M. N.. 3/4"
3/4"	19.050	2,373.76	47.50	48.70	51.30	90	100	Peso Seco Inicial
1/2"	12.700	2,370.78	47.42	96.12	3.88	20	55	Modulo de Finezan 7.40
3/8"	9.525	94.92	1.90	98.01	1.99	0	15	
Nº4	4.760	47.03	0.94	98.95	1.05	0	5	
BASE		51.04	1.02	99.98	0.03	-	-	
TOTAL		4,997.64	99.98	99.98	100.00	-	-	
% PERDIDA		0.02%	0.02	100.00				

TAMIZ MALLA Nº	TAMAÑO NOMINAL 1 1/2" a Nº 4		
	Limite Inferior	Limite Superior	Muestra.
3"	100	100	100.00
2"	100	100	100.00
1 1/2"	100	100	100.00
1"	100	100	98.94
3/4"	90	100	51.72
1/2"	20	55	2.89
3/8"	0	15	1.10
Nº4	0	5	0.61





**Anexo A. 3**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
**AGREGADO GRUESO**  
**NTP: 400.12, ASTM C-136**

**PROYECTO** TESIS: “EVALUACION Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA EL TRANSITO VEHICULAR EN EL INTERCAMBIO DE VIAS DE LAS AVENIDAS CIRCUNVALACIÓN Y HUANCANÉ – CARRETERA SALIDA A HUANCANÉ AL LADO ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA”.

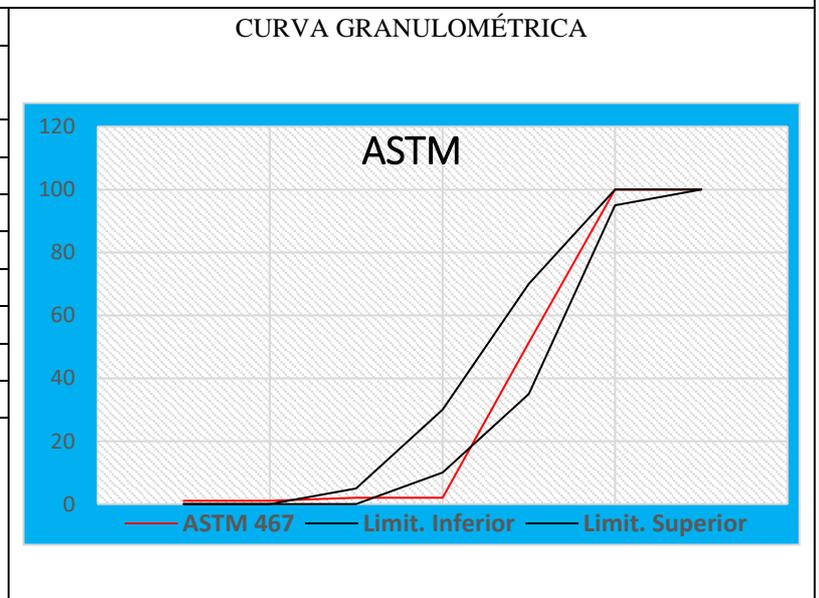
**SOLICITADO** : Bach. Edwin Carlos, ESTOFANERO HUAMAN

**CANTERA** : Puno, San Roman, Cabanillas.

**FECHA** : Enero Del 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (Muestra 01)								
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	(%) Retenido	(%) Retenido Acumulado	(%) Que Pasa	Especif. ASTM		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.
1 1/2"	38.100	-	-	-	-	-	-	T. M. 1"
1"	25.400	62.32	1.25	1.25	98.75	100	100	T. M. N.. 3/4"
3/4"	19.050	2,265.00	45.35	46.60	53.40	90	100	Peso Seco Inicial
1/2"	12.700	2,541.03	50.82	97.42	2.58	20	55	Modulo de Finezan 7.43
3/8"	9.525	76.99	1.54	98.96	1.04	0	15	
Nº4	4.760	30.04	0.60	99.56	0.44	0	5	
BASE		18.59	0.37	99.93	0.07	-	-	
TOTAL		4,993.97	99.93	99.93	0.00	-	-	
% PERDIDA		0.05%	0.05	100.00				

TAMIZ MALLA Nº	TAMAÑO NOMINAL 1 1/2" a Nº 4		
	Limite Inferior	Limite Superior	Muestra.
3"	100	100	100.00
2"	100	100	100.00
1 1/2"	100	100	100.00
1"	100	100	98.75
3/4"	90	100	53.40
1/2"	20	55	2.58
3/8"	0	15	1.04
Nº4	0	5	0.44



## Anexo A. 4



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
AGREGADO FINO  
NTP: 400.12, ASTM C-136**

**PROYECTO** TESIS: "EVALUACION Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA EL TRANSITO VEHICULAR EN EL INTERCAMBIO DE VIAS DE LAS AVENIDAS CIRCUNVALACIÓN Y HUANCANÉ – CARRETERA SALIDA A HUANCANÉ AL LADO ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA".

**SOLICITADO** : Bach. Edwin Carlos, ESTOFANERO HUAMAN

**CANTERA** : Puno, San Roman, Cabanillas.

**FECHA** : Enero Del 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (Muestra 01)							
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	(%) Retenido	(%) Retenido Acumulado	(%) Que Pasa	Espefic. ASTM	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.
3/8"	9.525	-	-	0.00	100.00	100   100	T. M. 1" T. M. N. 3/4" Peso Seco Inicial Modulo de Finezan 3.10
N°4	4.760	14.45	4.82	4.82	95.18	95   100	
N°8	2.380	45.39	15.13	19.95	80.05	80   100	
N°16	1.190	72.31	24.10	44.05	55.95	50   85	
N°30	0.590	56.77	18.92	62.97	37.03	25   60	
N°50	0.300	56.78	18.93	81.90	18.10	10   30	
N°100	0.149	43.20	14.40	96.30	3.70	2   10	
N°200	0.074	6.61	2.20	98.50	1.50	-   -	
BASE		4.24	1.41	99.92	0.08	-   -	
TOTAL		299.75	99.92	99.92	-	-   -	
% PERDIDA		0.08%	0.08	100.00			
TAMIZ MALLA N°	TAMAÑO NOMINAL 1 1/2" a N° 4			CURVA GRANULOMÉTRICA			
	Limite Inferior	Limite Superior	Muestra.				
N°4	95	100	95.18				
N°8	80	100	80.05				
N°16	50	85	55.95				
N°30	25	60	37.03				
N°50	10	30	18.10				
N°100	2	10	3.70				
N°200	-	-	1.50				



**Anexo A. 5**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
**AGREGADO FINO**  
**NTP: 400.12, ASTM C-136**

**PROYECTO** TESIS: "EVALUACION Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA EL TRANSITO VEHICULAR EN EL INTERCAMBIO DE VIAS DE LAS AVENIDAS CIRCUNVALACIÓN Y HUANCANÉ – CARRETERA SALIDA A HUANCANÉ AL LADO ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA".

**SOLICITADO** : Bach. Edwin Carlos, ESTOFANERO HUAMAN

**CANTERA** : Puno, San Roman, Cabanillas.

**FECHA** : Enero Del 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (Muestra 02)							
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	(%) Retenido	(%) Retenido Acumulado	(%) Que Pasa	Espefic. ASTM	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.
3/8"	9.525	-	-	-	-	100   100	T. M. 1"
N°4	4.760	15.07	5.02	5.02	94.98	95   100	T. M. N. ¾"
N°8	2.380	49.81	16.60	21.63	78.37	80   100	Peso Seco Inicial
N°16	1.190	75.80	25.27	46.89	53.11	50   85	Modulo de Finezan 3.14
N°30	0.590	59.45	19.82	66.71	33.29	25   60	
N°50	0.300	42.61	14.20	80.91	19.09	10   30	
N°100	0.149	36.76	12.25	93.17	6.83	2   10	
N°200	0.074	15.79	5.26	98.43	1.57	-   -	
BASE		4.64	1.55	99.98	0.02	-   -	-
TOTAL		299.93	99.98	99.98		-   -	-
% PERDIDA		0.02%	0.02	100.00			

TAMIZ MALLA N°	TAMAÑO NOMINAL 1 1/2" a N° 4			Muestra.	CURVA GRANULOMÉTRICA	
	Limite Inferior	Limite Superior			GRUESO C	LIMITE INFE. / LIMITE SUPE.
3/8"	100	100		100.00		
N°4	100	100		94.98		
N°8	100	100		78.37		
N°16	100	100		53.11		
N°30	90	100		33.29		
N°50	20	55		19.09		
N°100	0	15		6.83		
N°200	0	5		1.57		

## Anexo A. 6



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO AGREGADO FINO NTP: 400.12, ASTM C-136

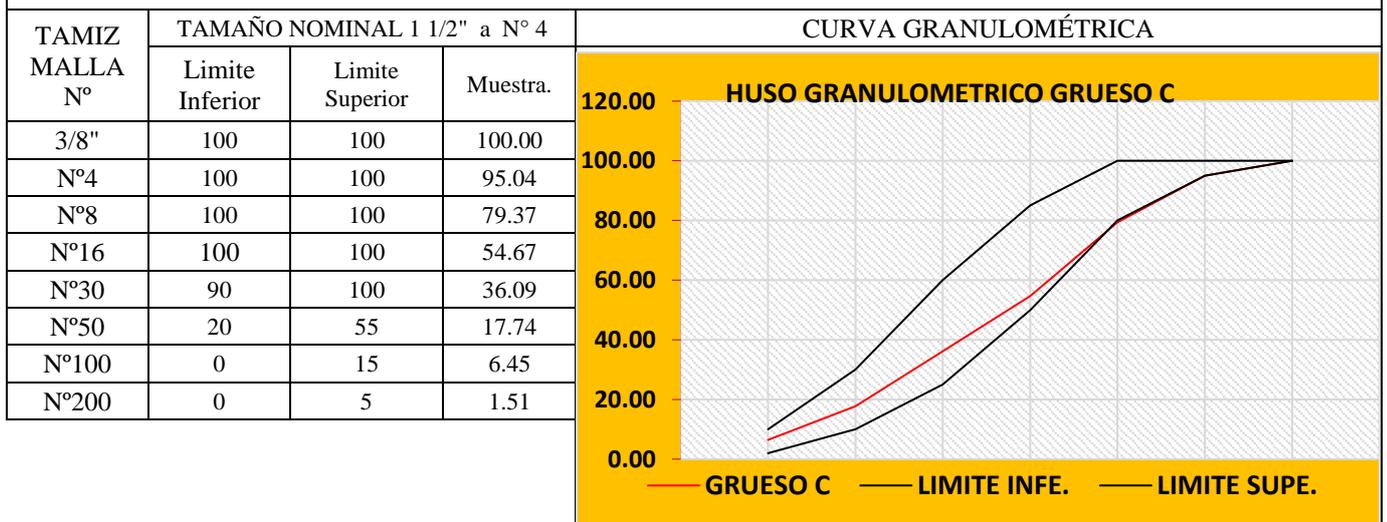
**PROYECTO** TESIS: "EVALUACION Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA EL TRANSITO VEHICULAR EN EL INTERCAMBIO DE VIAS DE LAS AVENIDAS CIRCUNVALACIÓN Y HUANCANÉ – CARRETERA SALIDA A HUANCANÉ AL LADO ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA".

**SOLICITADO** : Bach. Edwin Carlos, ESTOFANERO HUAMAN

**CANTERA** : Puno, San Roman, Cabanillas.

**FECHA** : Enero Del 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (Muestra 03)								
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	(%) Retenido	(%) Retenido Acumulado	(%) Que Pasa	Especif. ASTM		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.
3/8"	9.525	-	-	-	-	100	100	T. M. 1"
N°4	4.760	14.89	4.96	4.96	95.04	95	100	T. M. N. 3/4"
N°8	2.380	47.01	15.67	20.63	79.37	80	100	Peso Seco Inicial
N°16	1.190	74.09	24.70	45.33	54.67	50	85	Modulo de Finezan 3.11
N°30	0.590	55.73	18.58	63.91	36.09	25	60	
N°50	0.300	55.07	18.36	82.26	17.74	10	30	
N°100	0.149	33.87	11.29	93.55	6.45	2	10	
N°200	0.074	14.81	4.94	98.49	1.51	-	-	
BASE		4.35	1.45	99.94	0.06	-	-	-
TOTAL		299.66	99.94	100.00				-
% PERDIDA		0.06%	0.06	100.00				





## Anexo A. 7



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



# RESISTENCIA AL DESGASTE "ABRASIÓN LOS ANGELES"

NORMAS ASTM C 535, AASTHO (DESIGNACIÓN) T - 26

**TESIS** : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO, PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA AVENIDA HUANCANE - JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. EDWIN CARLOS ESTOFANERO HUAMAN

**CANTERA** : PLANTA CHANCADORA PIEDRA AZUL

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CABANILLAS - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DEPARTAMENTO DE PUNO

**FECHA** : 29 DE NOVIEMBRE DEL 2021

**TIPO DE AGREGADO:** FINO:  GRUESO:  OTROS:

**MUESTRA OBTENIDA POR:** CUARTEO:  DIVISOR DE MUESTRAS:

**NUMERO DE REVOLUCIONES:** 500  1000

**CARGA ABRASIVA:** 11 ESFERAS

**PESO SECO INICIAL DE LA MUESTRA:**  $W_i = 5011$  gr.

**PESO SECO FINAL RETENIDA EN EL CEDAZO N° 12:**  $W_f = 4118$  gr.

**PESO DEL MATERIAL QUE PASA EL CEDAZO N° 12:** = 893 gr.

**PORCENTAJE DE PÉRDIDA:**  $De = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$

$De = 17.82$  %

**OBSERVACIONES:**

- \* GRADACIÓN : (B), 3/4"- 1/2" = 2508 gr. 1/2"- 3/8" = 2503 gr.
- \* TIENE UNA RESISTENCIA AL DESGASTE DE : 82.18 % Y PÉRDIDA DE : 17.82 %
- \* NORMA AASTHO (DESIGNACIÓN) T - 26. ASTM -C-535 NTP 400.02 MTC - E - 207
- \* LA MUESTRA FUE PUESTA Y ETIQUETADA EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL

Mjtr. José Antonio Paredes Vera  
QIP 62794

B.N° : 005-270999



## Anexo A. 8



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



### CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO NTP: 339.185, ASTM C-566

**PROYECTO** TESIS: “EVALUACION Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA EL TRANSITO VEHICULAR EN EL INTERCAMBIO DE VIAS DE LAS AVENIDAS CIRCUNVALACIÓN Y HUANCANÉ – CARRETERA SALIDA A HUANCANÉ AL LADO ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA”.

**SOLICITADO** : Bach. Edwin Carlos, ESTOFANERO HUAMAN

**CANTERA** : Puno, San Roman, Cabanillas.

**FECHA** : Enero Del 2020



**Muestra** AGREGADO GRUESO

N° de Tara	T - 01	T - 02	T - 03
Peso de Tara	50.16	51.27	51.51
Peso de Tara + M. Humeda	554.89	492.13	572.42
Peso de Tara + M. Seca	551.84	489.56	569.67
Peso de Agua	3.05	2.57	2.75
Peso Muestra Seca	501.68	438.29	518.16
Contenido de Humedad W%	0.61%	0.59%	0.53%
<b>Promedio Cont. Humedad W%</b>	<b>0.58%</b>		



## Anexo A. 9



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



### CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO NTP: 339.185, ASTM C-566

**PROYECTO** TESIS: “EVALUACION Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA EL TRANSITO VEHICULAR EN EL INTERCAMBIO DE VIAS DE LAS AVENIDAS CIRCUNVALACIÓN Y HUANCANÉ – CARRETERA SALIDA A HUANCANÉ AL LADO ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA”.

**SOLICITADO** : Bach. Edwin Carlos, ESTOFANERO HUAMAN

**CANTERA** : Puno, San Roman, Cabanillas.

**FECHA** : Enero Del 2020



**Muestra** AGREGADO FINO

N° de Tara	K - 01	K - 02	K - 03
Peso de Tara	54.15	52.83	55.67
Peso de Tara + M. Humeda	541.17	497.34	238.95
Peso de Tara + M. Seca	536.57	493.21	237.54
Peso de Agua	4.60	4.13	1.41
Peso Muestra Seca	482.42	440.38	181.87
Contenido de Humedad W%	0.95%	0.94%	0.78%
<b>Promedio Cont. Humedad W%</b>	<b>0.89%</b>		



## Anexo A. 10



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN  
AGREGADO GRUESO  
NTP: 400.021; 400.022, ASTM C - 127; C - 128**

**PROYECTO** TESIS: “EVALUACION Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA EL TRANSITO VEHICULAR EN EL INTERCAMBIO DE VIAS DE LAS AVENIDAS CIRCUNVALACIÓN Y HUANCANÉ – CARRETERA SALIDA A HUANCANÉ AL LADO ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA”.

**SOLICITADO** : Bach. Edwin Carlos, ESTOFANERO HUAMAN

**CANTERA** : Puno, San Roman, Cabanillas.

**FECHA** : Enero Del 2020



**Muestra** AGREGADO GRUESO

DESCRIPCIÓN	Unid.	Muestra.			Prom.
		PE - 01	PE - 02	PE - 03	
<b>A:</b> Peso de la Muestra Secada al Horno	gr	2,961.94	3,961.25	4,450.56	
<b>B:</b> Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca.	gr	3,016.96	4,035.86	4,532.12	
<b>a:</b> Peso de la Canastilla Sumergida	gr	172.22	172.22	172.22	
<b>b:</b> Peso de la Canastilla Sumergida + Muestra SSS Sumergida.	gr	2,024.02	2,658.46	2,024.16	
<b>C:</b> Peso Muestra Saturada Superficialmente Seca Sumergida en Agua.	gr	1,851.80	2,486.24	1,852.13	
Peso Especifico Saturado Superficialmente Seca. =B/(B-C)	gr/cm <sup>3</sup>	2.59	2.60	2.57	2.59
Peso Especifico de la Masa. = A/(B-C).	gr/cm <sup>3</sup>	2.54	2.56	2.52	2.54
Peso Especifico Aparente. =A/(A-C).	gr/cm <sup>3</sup>	2.68	2.69	2.64	2.67
Absorción del Agua.=((B-A)/A)*100	%	1.86	1.88	1.83	1.86



## Anexo A. 11



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN  
AGREGADO FINO  
NTP: 400.021; 400.022, ASTM C - 127; C - 128**

**PROYECTO** TESIS: “EVALUACION Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA EL TRANSITO VEHICULAR EN EL INTERCAMBIO DE VIAS DE LAS AVENIDAS CIRCUNVALACIÓN Y HUANCANÉ – CARRETERA SALIDA A HUANCANÉ AL LADO ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA”.

**SOLICITADO** : Bach. Edwin Carlos, ESTOFANERO HUAMAN

**CANTERA** : Puno, San Roman, Cabanillas.

**FECHA** : Enero Del 2020



**Muestra** AGREGADO FINO

DESCRIPCIÓN	Unid.	Muestra.			Prom.
		FE - 01	FE - 02	FE - 03	
<b>A:</b> Peso del Pignometro.	gr	388.63	388.63	388.63	
<b>B:</b> Peso del Enrazador.	gr	164.67	164.67	164.67	
<b>C:</b> Peso de la Muestra de Arena Superficialmente Seca	gr	500.00	499.13	499.56	
<b>D:</b> Peso del Pignometro + Peso del Agua	gr	707.07	707.08	707.07	
<b>E:</b> Peso de la Arena Superf. Seca + Peso del Pignometro + Peso del Agua	gr	1,015.18	1,014.94	1,014.55	
<b>F:</b> Peso de la Arena Secada al Horno.	gr	490.23	489.15	489.45	
Peso Especifico Saturado Superficialmente Seca. =C/(D+C-E)	gr/cm <sup>3</sup>	2.61	2.61	2.61	2.61
Peso Especifico de la Masa. = F/(D+C-E).	gr/cm <sup>3</sup>	2.55	2.56	2.55	2.55
Peso Especifico Aparente. =F/(D+F-E).	gr/cm <sup>3</sup>	2.69	2.70	2.69	2.69
Absorción del Agua.= (C-F)/F	%	1.99	2.04	2.07	1.99



## Anexo A. 12



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



**PESO UNITARIO (DENSIDAD)  
AGREGADO GRUESO  
NTP: 400.017, ASTM C-29**

**PROYECTO** TESIS: “EVALUACIÓN Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA EL TRANSITO VEHICULAR EN EL INTERCAMBIO DE VÍAS DE LAS AVENIDAS CIRCUNVALACIÓN Y HUANCANÉ – CARRETERA SALIDA A HUANCANÉ AL LADO ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA”.

**SOLICITADO** : Bach. Edwin Carlos, ESTOFANERO HUAMAN

**CANTERA** : Puno, San Roman, Cabanillas.

**FECHA** : Enero Del 2020



**Muestra** PESO UNITARIO SUELTO

N° de Tara	Unid.	PU - 01	PU - 02	PU - 03
Peso del Molde	gr	6,310.00	6,310.00	6,310.00
Peso del Molde + Muestra.	gr	14,300.00	14,325.00	14,345.00
Peso de la Muestra	gr	7,990.00	8,015.00	8,035.00
Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	5,248.44	5,248.44	5,248.44
Peso Unitario Seco	kg/m <sup>3</sup>	1,522.36	1,527.12	1,530.93
<b>Promedio</b>		<b>1,526.80 kg/m<sup>3</sup></b>		



**Muestra** PESO UNITARIO COMPACTADO

N° de Tara	Unid.	PU - 04	PU - 05	PU - 06
Peso del Molde	gr	6,310.00	6,310.00	6,310.00
Peso del Molde + Peso de la Muestra.	gr	15,500.00	15,520.00	15,545.00
Peso de la Muestra	gr	9,190.00	9,210.00	9,235.00
Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	5,248.44	5,248.44	5,248.44
Peso Unitario Seco	kg/m <sup>3</sup>	1,751.00	1,754.81	1,759.57
<b>Promedio</b>		<b>1,755.13 kg/m<sup>3</sup></b>		



## Anexo A. 13



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



**PESO UNITARIO (DENSIDAD)  
AGREGADO FINO  
NTP: 400.017, ASTM C-29**

**PROYECTO** TESIS: “EVALUACION Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA EL TRANSITO VEHICULAR EN EL INTERCAMBIO DE VIAS DE LAS AVENIDAS CIRCUNVALACIÓN Y HUANCANÉ – CARRETERA SALIDA A HUANCANÉ AL LADO ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA”.

**SOLICITADO** : Bach. Edwin Carlos, ESTOFANERO HUAMAN

**CANTERA** : Puno, San Roman, Cabanillas.

**FECHA** : Enero Del 2020



**Muestra** PESO UNITARIO SUELTO

N° de Tara	Unid.	PU - 01	PU - 02	PU - 03
Peso del Molde	gr	6,310.00	6,310.00	6,310.00
Peso del Molde + Muestra.	gr	12,995.00	12,970.00	12,975.00
Peso de la Muestra	gr	6,685.00	6,660.00	6,665.00
Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	5,248.44	5,248.44	5,248.44
Peso Unitario Seco	kg/m <sup>3</sup>	1,273.71	1,268.95	1,269.90
<b>Promedio</b>		<b>1,270.85 kg/m<sup>3</sup></b>		



**Muestra** PESO UNITARIO COMPACTADO

N° de Tara	Unid.	PU - 04	PU - 05	PU - 06
Peso del Molde	gr	6,310.00	6,310.00	6,310.00
Peso del Molde + Peso de la Muestra.	gr	13,900.00	13,870.00	13,890.00
Peso de la Muestra	gr	7,590.00	7,560.00	7,580.00
Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	5,248.44	5,248.44	5,248.44
Peso Unitario Seco	kg/m <sup>3</sup>	1,446.14	1,440.43	1,444.24
<b>Promedio</b>		<b>1,443.60 kg/m<sup>3</sup></b>		



## Anexo A. 14



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

### CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS Y LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES

**EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES DE LA  
FICA**

**Hace constar:**

Que el tesista, conducente a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil Bach: **EDWIN CARLOS ESTOFANERO HUAMAN**, hizo uso de los equipos y del Laboratorio de Construcciones - FICA, para realizar los ensayos requeridos para su proyecto de Tesis: **"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO, PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA AVENIDA HUANCANÉ - JULIACA"**

Los ensayos que realizó son los siguientes:

ÍTEM	ENSAYOS	Nº DE ENSAYOS	FECHA REALIZADA
1	Análisis granulométrico del agregado grueso	3	19/02/2020
2	Análisis granulométrico del agregado fino	3	20/02/2020
3	Partículas chatas y alargadas en agregados.	3	21/02/2020
4	Peso unitario del agregado grueso.	3	09/03/2020
5	Peso unitario del agregado fino.	3	09/03/2020
6	Peso específico y absorción del agregado grueso.	3	10/03/2020
7	Peso específico y absorción del agregado fino.	3	10/03/2020
8	Contenido de humedad del agregado fino	3	11/03/2020
9	Contenido de humedad del agregado grueso	3	11/03/2020
10	Arcilla en terrones y partículas desmenuzables en agregados.	1	12/03/2020
11	Ensayo para determinar cualitativamente las impurezas orgánicas en el agregado fino para el concreto.	1	12/03/2020

*Los resultados obtenidos, de los ensayos, no son responsabilidad del Laboratorio de Construcciones.*

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita del interesado, para adjuntar en su proyecto de Tesis.

Puno, C. U. 02 de octubre del 2021.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-FICA  
*[Firma]*  
MSc. Ing. Guido P. L. que Córdova  
JEFE DE LABORATORIO

## Anexo B. 1 Ficha técnica de polipropileno.



# HOJA TÉCNICA Sika® Fiber Force PP-48

Fibra de polipropileno macro sintética estructural

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Fiber Force PP 48, es una fibra de polipropileno macro sintética estructural, diseñada y usada como el refuerzo secundario de concreto, es fabricada a partir de polímeros de polyolefina de alto desempeño y deformadas mecánicamente en todo el cuerpo para maximizar el anclaje en el concreto y evitar la pérdida excesiva cuando se proyecta (Shotcrete), altamente orientada a conseguir la mayor superficie de contacto dentro del concreto, lo que resulta en una mayor unión interfacial y eficiencia de la resistencia de la flexión y absorción de energía. Sika® Fiber Force PP-48 esta específicamente diseñada y fabricada en una instalación certificada bajo la norma ISO 9001:2000, para ser usada como refuerzo secundario de concreto a una tasa de adición mínima de 2 kg por metro cúbico. Cumple con la norma ASTM C 1116/C 1116 M, concreto Tipo III reforzado con fibra, JSCE-S14 y con la norma Europea EN-14889-2 como clase II.

#### USOS

- Losas industriales sobre el piso, tráfico ligero, medio o pesado.
- Áreas para estacionamiento.
- Elementos Pre-fabricados.
- Pavimentos de concreto tráfico ligero, medio o pesado.
- Plataformas compuestas de metal y concreto.
- Aceras y entradas de automóviles.
- Capas superpuestas y coberturas.
- Aplicaciones no magnéticas.
- Shotcrete vía húmeda o vía seca, ya sea definitivo o temporal.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia a la tenacidad, absorción de energía e impacto del concreto, así como la resistencia residual y ductilidad.
- No afecta notoriamente la fluidez (Slump) de la mezcla como otras fibras multifilamento.
- Disminuye la tendencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido del concreto.
- Máxima resistencia al arrancamiento dentro de la matriz del concreto.
- Reduce el desgaste en bombas y tuberías cuando la mezcla es bombeada.
- Alta resistencia a los ataques químicos y a los álcalis.
- Es segura y más fácil de usar que el refuerzo tradicional.
- No se corroe con las aguas agresivas.
- Ahorra tiempo y molestias durante la aplicación y el proceso de concentrado del mineral.



## DATOS BÁSICOS

<b>FORMA</b>	<b>ASPECTO</b> Fibra monofilamento deformada mecánicamente. <b>COLORES</b> Blanco <b>PRESENTACIÓN</b> Caja x 5 kg
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> Indefinido en un lugar seco y bajo techo, en su envase original.
<b>NORMAS</b>	Siempre se coloca uniformemente en el concreto y cumplimiento con los códigos vigentes y normas siguientes: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ ASTM C 94/C 94M Especificación estándar para concreto premezclado.</li><li>▪ ASTM C 1116/C 1116M Especificación estándar para concreto reforzado con fibras.</li><li>▪ ASTM C 1399 Método de prueba estándar para obtener la resistencia residual promedio del concreto reforzado con fibras.</li><li>▪ ASTM C 1436 Especificación estándar de materiales para Shotcrete.</li><li>▪ ASTM C 1609/C 1609M Método de prueba estándar para obtener el rendimiento de la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando una viga con carga de tres puntos). Reemplaza la norma ASTM C 1018.</li><li>▪ ASTM C 1550 Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando un panel Redondo con carga central.)</li><li>▪ JCI-SF4 para la resistencia a la flexión y para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras y JSCE-S14.</li><li>▪ EFNARC panel cuadrado-2005</li><li>▪ ACI 304 Guía para la medición, mezcla, transporte y distribución del concreto.</li><li>▪ ACI 506 Guía para Shotcrete.</li><li>▪ EN 14889-2 Definiciones, especificaciones y conformidad de fibras poliméricas.</li></ul>
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>ABSORCIÓN DE AGUA</b> 0% <b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b> 0.92 <b>LARGO DE LA FIBRA</b> 48 mm <b>ANCHO DE LA FIBRA</b> 1.2855 mm <b>ESPESOR DE LA FIBRA</b> 0.3325 mm <b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN</b> 620 Mpa <b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA</b> Baja <b>FIBRAS POR KILO</b> 32,760 unidades +/- 3% <b>PUNTO DE FUSIÓN</b> 440 °C <b>PUNTO DE ABLANDAMIENTO</b> 170 °C <b>RESISTENCIA A ÁLCALIS, SALES Y ÁCIDOS</b> Alta.

Hoja Técnica



---

**COMPATIBILIDAD**

Sika® Fiber Force PP-48 es compatible con todos los aditivos para concreto Sika® y las sustancias químicas que aumentan el rendimiento del concreto. No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP-48 para reemplazar refuerzos estructurales.

**PRECAUCIONES**

No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP-48 como un medio para usar secciones de menor espesor que el diseño original. Para el espaciado de las juntas, siga las directrices estándar de la industria sugeridas por PCA y ACI.

---

**INFORMACIÓN DEL SISTEMA**

---

**DETALLES DE APLICACIÓN****CONSUMO / DOSIS**

La dosis de aplicación para la fibra macro sintética estructural Sika® Fiber Force PP 48 es de 2 a 9 kg/m<sup>3</sup> de concreto o Shotcrete, dependiendo de la ductilidad, resistencia residual, tenacidad ó absorción de energía requerido. En las pruebas para determinar la cantidad exacta de fibra a usar, si el concreto es lanzado (Shotcrete vía húmeda o seca) las muestras (paneles cuadrados EFNARC o circulares ASTM C-1550) tienen que ser obtenidas en campo, lanzado con el equipo a usar, ya que por su naturaleza las fibras sintéticas durante el lanzamiento ó proyección una parte de ellas se pierde. No se recomienda obtener los paneles en laboratorio ya que los resultados difieren apreciablemente.

---

**MÉTODO DE APLICACIÓN****DISEÑOS DE MEZCLAS Y PROCEDIMIENTOS**

El refuerzo con Sika® Fiber Force PP-48 es un proceso mecánico, no químico. Debido a la eficiencia de la fibra no se necesita modificación del diseño de mezcla ya que no afecta notoriamente la fluidez de la mezcla. Consulte con un asesor técnico de Sika Perú S.A. para recomendaciones adicionales. La fibra macrosintética Sika® Fiber Force PP-48 se agrega a la mezcladora antes, durante o después de hacer mezclas con los otros materiales del concreto. Se requiere un tiempo de mezclado de por lo menos de 3 a 5 minutos por metro cúbico como se especifica en la norma ASTM C-94.

**ACABADO**

Se puede dar un acabado al concreto reforzado con Sika® Fiber Force PP-48 usando las técnicas de acabado de acuerdo a ACI 304, Sección C3.

---

**BASES**

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

---

**RESTRICCIONES LOCALES**

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

---

**INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE**

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

---

**NOTAS LEGALES**

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en

condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe).

#### PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® Fiber Force PP-48 :

##### 1.- SIKa PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



##### 2.- SIKa CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.  
Concrete  
Centro Industrial "Las Praderas  
de Lurín S/N - Mz "B" Lote 5 y  
6, Lurín  
Lima  
Perú  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

Hoja Técnica  
Sika® Fiber Force PP-48  
29.10.15, Edición 1

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.  
CG, Departamento Técnico  
Telf: 618-6060  
Fax: 618-6070  
Mail: [informacion@pe.sika.com](mailto:informacion@pe.sika.com)



© 2014 Sika Perú S.A.



14/10/2021

Emitir Factura - APP Sendaefact

UN SOCIO CONFIABLE DE SIKA

**SIKA CENTER**  
**FREDOL**  
INGENIEROS



RUC: 20550252580  
FACTURA ELECTRÓNICA  
N° F001 - 00003825

FREDOL S.A.C.  
AV. CANTA CALLAO MZA. S LOTE. 48 URB. PRO 7MO SECTOR (FIN AV. 2 DE OCT. CON AV. CANTA CALLAO) LIMA -  
LIMA - SAN MARTIN DE PORRES  
SUCURSAL: URB. PRO 7O SECTOR AV. AV. CANTA CALLAO Mz S Lote 48, SMP, LIMA 31

EMAIL: juancito@sikacenterperu.com

<b>Razón Social:</b>	ESTOFANERO HUAMAN EDWIN CARLOS	<b>Fecha Emisión:</b>	14/10/2021
<b>RUC:</b>	10468659609	<b>Tipo Moneda:</b>	SOLES
<b>Dirección:</b>	JR. CALLE NUEVA S/N URB. COLLASUYO - CULIACA PUNO	<b>Método pago:</b>	CONTADO
		<b>Vendedor:</b>	VENTAS

DOCUMENTO QUE MODIFICA	SERIE Y NÚMERO QUE MODIFICA	FECHA EMISIÓN QUE MODIFICA	MOTIVO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO VENTA
AD10400032	SIKAFIBER FORCE PP-48 X 5 KG MACRO-FIBRAS SINTÉTICAS DE POLIOLEFINA PARA REFUERZO DE HORMIGÓN - F	1.00	193.50	193.50



SON: CIENTO NOVENTA Y TRES CON 50/100 SOLES

Observaciones:

OP. GRAVADA:	S/	163.98
OP. INAFECTA:	S/	0.00
OP. EXONERADA:	S/	0.00
OP. EXPORTACION:	S/	0.00
OP. GRATUITA:	S/	0.00
OTROS CARGOS:	S/	0.00
DESCUENTO:	S/	0.00
IGV: 18 %	S/	29.52
<b>IMPORTE TOTAL:</b>	<b>S/</b>	<b>193.50</b>

BANCOS	N° DE CUENTAS	CCI
BCP CTA. CORRIENTE (SOLES)	1912349643066	0021910023496306653
BCP CTA. CORRIENTE (DOLARES)	1912481020117	1912481020117
BBVA CTA. CORRIENTE (SOLES)	001101740100050657	00219100248102011758
BBVA CTA. CORRIENTE (DOLARES)	001101740100050665	01117400010005066507

Representación impresa del comprobante electrónico, consulta su documento en:  
<https://web.sendaefact.pe/> 2021-10-14T00:00:00 - CON

<https://web.sendaefact.pe/registrarfactura>

1/1



## Anexo C. 1

### Prueba de resistencia a la compresión



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TESIS** : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO, PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA AVENIDA HUANCANE - JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. EDWIN CARLOS ESTOFANERO HUAMAN

**MUESTRA** : FIBRAS DE POLIPROPILENO (4,600 - 7,000 - 9,000 - 12,000 gr X 1 m3)

**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA

**FECHA** : 09 DE DICIEMBRE DEL 2021

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-01 - MUESTRA PATRÓN	31520.00	15.00	176.71	178.37	280	02/12/2021	09/12/2021	7	63.70%
2	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm M-02 - MUESTRA PATRÓN	32210.00	15.01	176.95	182.03	280	02/12/2021	09/12/2021	7	65.01%
3	BRIQUETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm M-03 - MUESTRA PATRÓN	30980.00	14.99	176.48	175.54	280	02/12/2021	09/12/2021	7	62.69%
4	BRIQUETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm M-01 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 4,600.00 gr X 1 m3	33470.00	14.99	176.48	189.65	280	02/12/2021	09/12/2021	7	67.73%
5	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-02 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 4,600.00 gr X 1 m3	32050.00	15.01	176.95	181.12	280	02/12/2021	09/12/2021	7	64.69%
6	BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-03 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 4,600.00 gr X 1 m3	32860.00	15.02	177.19	185.45	280	02/12/2021	09/12/2021	7	66.23%
7	BRIQUETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-01 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 7,000.00 gr X 1 m3	34230.00	15.03	177.42	192.93	280	02/12/2021	09/12/2021	7	68.90%
8	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-02 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 7,000.00 gr X 1 m3	33740.00	15.01	176.95	190.68	280	02/12/2021	09/12/2021	7	68.10%
9	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm M-03 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 7,000.00 gr X 1 m3	34660.00	14.98	176.24	196.66	280	02/12/2021	09/12/2021	7	70.24%
10	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-01 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 9,000.00 gr X 1 m3	34160.00	15.02	177.19	192.79	280	02/12/2021	09/12/2021	7	68.85%
11	BRIQUETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm M-02 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 9,000.00 gr X 1 m3	33990.00	14.99	176.48	192.60	280	02/12/2021	09/12/2021	7	68.79%
12	BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-03 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 9,000.00 gr X 1 m3	35110.00	15.02	177.19	198.15	280	02/12/2021	09/12/2021	7	70.77%
13	BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-01 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 12,000.00 gr X 1 m3	36180.00	15.02	177.19	204.19	280	02/12/2021	09/12/2021	7	72.92%
14	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-02 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 12,000.00 gr X 1 m3	35770.00	15.00	176.71	202.42	280	02/12/2021	09/12/2021	7	72.29%
15	BRIQUETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-03 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 12,000.00 gr X 1 m3	36590.00	15.03	177.42	206.23	280	02/12/2021	09/12/2021	7	73.65%

**OBSERVACIONES:**

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO  
M.S.C.A.  
JEFATURA

Mgr. José Antonio Paredes Vera  
OIP 62784

B. N° 005-270999



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TESIS** : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO, PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA AVENIDA HUANCANE - JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. EDWIN CARLOS ESTOFANERO HUAMAN

**MUESTRA** : FIBRAS DE POLIPROPILENO (4,600 - 7,000 - 9,000 - 12,000 gr X 1 m<sup>3</sup>)

**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA

**FECHA** : 16 DE DICIEMBRE DEL 2021

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm M-01 - MUESTRA PATRÓN	41020.00	14.99	176.48	232.43	280	02/12/2021	16/12/2021	14	83.01%
2	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm M-02 - MUESTRA PATRÓN	39980.00	15.00	176.71	226.25	280	02/12/2021	16/12/2021	14	80.80%
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-03 - MUESTRA PATRÓN	42180.00	15.00	176.71	238.70	280	02/12/2021	16/12/2021	14	85.25%
4	BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-01 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 4,600.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	41950.00	15.02	177.19	236.75	280	02/12/2021	16/12/2021	14	84.55%
5	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-02 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 4,600.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	41870.00	15.03	177.42	235.99	280	02/12/2021	16/12/2021	14	84.28%
6	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-03 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 4,600.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	42660.00	15.00	176.71	241.41	280	02/12/2021	16/12/2021	14	86.22%
7	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm M-01 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 7,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	42890.00	14.98	176.24	243.36	280	02/12/2021	16/12/2021	14	86.91%
8	BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-02 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 7,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	42670.00	15.02	177.19	240.81	280	02/12/2021	16/12/2021	14	86.01%
9	BRIQUETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-03 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 7,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	43070.00	15.05	177.89	242.12	280	02/12/2021	16/12/2021	14	86.47%
10	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-01 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 9,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	44330.00	15.01	176.95	250.52	280	02/12/2021	16/12/2021	14	89.47%
11	BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-02 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 9,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	45080.00	15.02	177.19	254.42	280	02/12/2021	16/12/2021	14	90.86%
12	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-03 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 9,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	45340.00	15.00	176.71	256.58	280	02/12/2021	16/12/2021	14	91.64%
13	BRIQUETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-01 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 12,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	44110.00	15.03	177.42	248.62	280	02/12/2021	16/12/2021	14	88.79%
14	BRIQUETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-02 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 12,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	43550.00	15.03	177.42	245.46	280	02/12/2021	16/12/2021	14	87.67%
15	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-03 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 12,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	43320.00	15.01	176.95	244.81	280	02/12/2021	16/12/2021	14	87.43%

### OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL

Mgr. José Antonio Paredes Vera  
DIP 82784

LABORATORIO  
M.S.C.A.  
JEFATURA

B. N° 005-270999



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TESIS** : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO, PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA AVENIDA HUANCANE - JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. EDWIN CARLOS ESTOFANERO HUAMAN

**MUESTRA** : FIBRAS DE POLIPROPILENO (4,600 - 7,000 - 9,000 - 12,000 gr X 1 m<sup>3</sup>)

**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA

**FECHA** : 30 DE DICIEMBRE DEL 2021

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA 14.95 x 30.0 cm M-01 - MUESTRA PATRÓN	49810.00	14.95	175.54	283.75	280	02/12/2021	30/12/2021	28	101.34%
2	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm M-02 - MUESTRA PATRÓN	50140.00	15.02	177.19	282.97	280	02/12/2021	30/12/2021	28	101.06%
3	BRIQUETA DE PRUEBA 14.97 x 30.0 cm M-03 - MUESTRA PATRÓN	49470.00	14.97	176.01	281.06	280	02/12/2021	30/12/2021	28	100.38%
4	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-01 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 4,600.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	50940.00	15.00	176.71	288.27	280	02/12/2021	30/12/2021	28	102.95%
5	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-02 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 4,600.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	50760.00	15.02	177.19	286.47	280	02/12/2021	30/12/2021	28	102.31%
6	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm M-03 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 4,600.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	50130.00	14.98	176.24	284.44	280	02/12/2021	30/12/2021	28	101.59%
7	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm M-01 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 7,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	51850.00	14.98	176.24	294.20	280	02/12/2021	30/12/2021	28	105.07%
8	BRIQUETA DE PRUEBA 14.97 x 30.0 cm M-02 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 7,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	50890.00	14.97	176.01	289.13	280	02/12/2021	30/12/2021	28	103.26%
9	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-03 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 7,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	51470.00	15.00	176.71	291.27	280	02/12/2021	30/12/2021	28	104.02%
10	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-01 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 9,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	52190.00	14.97	176.01	296.52	280	02/12/2021	30/12/2021	28	105.90%
11	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-02 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 9,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	51850.00	15.01	176.95	293.02	280	02/12/2021	30/12/2021	28	104.65%
12	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-03 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 9,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	52770.00	15.00	176.71	298.62	280	02/12/2021	30/12/2021	28	106.65%
13	BRIQUETA DE PRUEBA 14.97 x 30.0 cm M-01 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 12,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	51300.00	14.97	176.01	291.46	280	02/12/2021	30/12/2021	28	104.09%
14	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-02 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 12,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	52040.00	15.01	176.95	294.09	280	02/12/2021	30/12/2021	28	105.03%
15	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm M-03 - CON FIBRAS DE POLIPROPILENO 12,000.00 gr X 1 m <sup>3</sup>	51580.00	14.98	176.24	292.67	280	02/12/2021	30/12/2021	28	104.52%

**OBSERVACIONES:**

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL  
Mgtr. José Antonio Paredes Vera  
01P 62794

B. N° 005-270999

### Anexo D. Panel fotográfico



Foto N° 01, cantera (**izq.** muestra de cantera, **der.** máquina trituradora de piedras)



Foto N° 02, cantera (**izq.** y **der.** extracción y transporte del material al laboratorio)



Foto N° 03, cuarteo (**izq.** cuarteo general de agregados, **der.** muestra representativa del agregado)



Foto N° 04, peso específico y absorción (**izq.** briquetera vacía, **der.** briquetera con material de estudio)



Foto N° 05, peso específico y absorción (**izq.** canastilla sumergida sin material de estudio, **der.** peso del picnómetro + agua + peso de la arena superficialmente seca.)



Foto N° 06, peso específico y absorción (**izq.** peso del picnómetro + agua, **der.** peso de muestra para el ensayo de análisis granulométrico.)



Foto N° 07, (**izq.** peso del agregado fino, para el análisis granulométrico., **der.** proceso de tamizado del agregado grueso.)



Foto N° 08, (**izq.** y **der.** análisis granulométrico “3 ensayos”, del agregado grueso y fino.)



Foto N° 09, abrasión de los ángeles (**izq.** obtención del material, **der.** máquina los Ángeles)



Foto N° 10, abrasión de los Ángeles (**izq.** material luego del ensayo, **der.** peso del material después del ensayo.)



Foto N° 11, ensayos en concreto fresco (**izq.** preparado y colocado del material a ensayar, **der.** proceso de Slum.)



Foto N° 12, ensayos en concreto fresco (**izq.** molde listo para realizar el ensayo, **der.** máquina de los Ángeles)



Foto N° 13, ensayos en concreto fresco (**izq.** medida de slum, **der.** tesista realizando la medida del Slum)

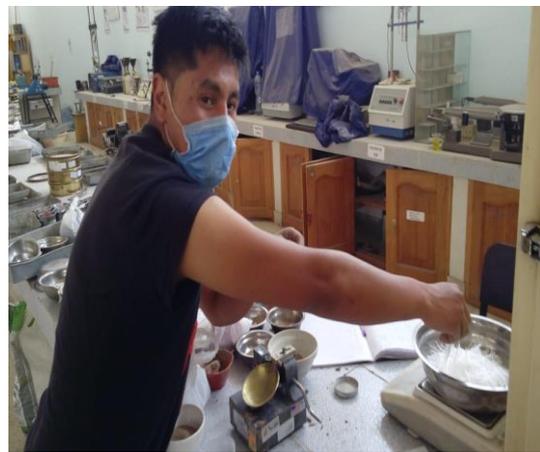


Foto N° 14, preparación de materiales (**izq.** pesado de fibras, **der.** alistando el agua a utilizar.)



Foto N° 15, ensayo de compresión (**izq.** pesado de agregado, **der.** briquetteras)



Foto N° 16, ensayo de compresión (**izq.** y **der.** mezclado de materiales)



Foto N° 17, ensayo de compresión (**izq.** y **der.** llenado de briqueteras con concreto mezclado)



Foto N° 18, curado del concreto (**izq.** y **der.**)

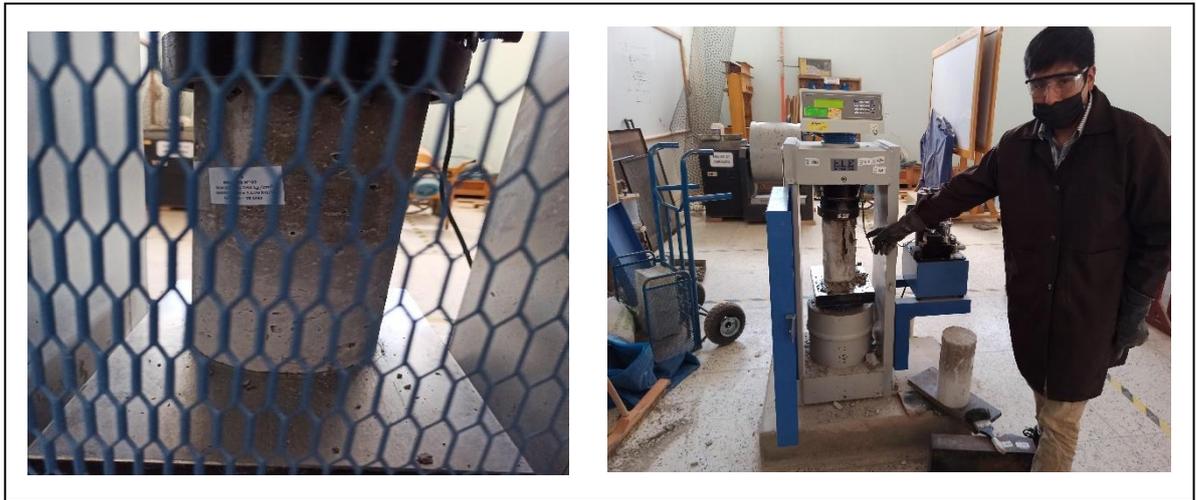


Foto N° 19, ensayo de compresión (**izq.** rotura de briqueta, **der.** tesista presenciando la ruptura)



Foto N° 20, ensayo de compresión (**izq.** briqueta “cn”, **der.** briqueta “CFPP- 4.6 kg/m<sup>3</sup>”)



Foto N° 21, ensayo de compresión (**izq.** briqueta “cfpp- 7.0 kg/m<sup>3</sup>”, **der.** briqueta “cfpp- 9.0 kg/m<sup>3</sup>”)